



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO SOLO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA - SOLOS E NUTRIÇÃO**  
**DE PLANTAS**

**MAYKON SOUSA DA SILVA**

**RESPOSTAS DA CULTURA DA MAMONA ÀS ADUBAÇÕES MINERAL E**  
**ORGÂNICA COMBINADAS, EM SOLO DO SEMIÁRIDO DO NORDESTE DO**  
**BRASIL**

**FORTALEZA**

**2015**

MAYKON SOUSA DA SILVA

RESPOSTAS DA CULTURA DA MAMONA ÀS ADUBAÇÕES MINERAL E  
ORGÂNICA COMBINADAS, EM SOLO DO SEMIÁRIDO DO NORDESTE DO  
BRASIL

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Solos e Nutrição de Plantas, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Agronomia. Área de concentração: Solos e Nutrição de Plantas.

Orientador: Prof. PhD. Boanerges Freire de Aquino.

FORTALEZA

2015

Dados Internacionais de Catalogação  
na Publicação Universidade Federal  
do Ceará  
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

- 
- S234a Silva, Maykon Sousa da.  
Respostas da cultura da mamona às adubações mineral e orgânica combinadas,  
em solo do semiárido do nordeste do Brasil / Maykon Sousa da Silva. – 2015.  
64 f. : il. color., enc. ; 30 cm.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências  
Agrárias, Departamento de Ciências do Solo, Programa de Pós-Graduação em  
Agronomia: Solos e Nutrição de Plantas, Fortaleza, 2015.  
Área de Concentração: Solos e Nutrição de  
Plantas. Orientação: Prof. Dr. Boanerges Freire  
de Aquino.
1. *Ricinus communis*. 2. Mamona. 3. Plantas oleaginosas. 4. Adubação. 5. Região  
semiárida.  
I. Título.

MAYKON SOUSA DA SILVA

RESPOSTAS DA CULTURA DA MAMONA ÀS ADUBAÇÕES MINERAL E  
ORGÂNICA COMBINADAS, EM SOLO DO SEMIÁRIDO DO NORDESTE DO  
BRASIL

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Solos e Nutrição de Plantas, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Agronomia. Área de concentração: Solos e Nutrição de Plantas.

Orientador: Prof. PhD. Boanerges Freire de Aquino.

Aprovado em: 09/02/2015.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. PhD. Boanerges Freire de Aquino (orientador)

Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Antonio Marcos Esmeraldo Bezerra

Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. PhD. Marcos Vinícius

Assunção

Secretaria de Desenvolvimento Agrário do Ceará (SDA-

CE) Prof. Aposentado do Centro de Ciências Agrárias da

UFC

À minha esposa, Mirlanda.

Aos meus pais, Francisco e Maria.

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Ceará, pela formação profissional.

À Funcap, pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio.

Ao Prof. Boanerges Freire de Aquino, pela orientação.

Aos professores membros da banca examinadora Antonio Marcos Esmeraldo Bezerra e Marcos Vinícius Assunção pelo tempo e pelas valiosas colaborações e sugestões.

À secretaria do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Solos e Nutrição de Plantas, pela presteza dos serviços e informações.

À Secretaria de Desenvolvimento Agrário do Estado do Ceará, especialmente ao engenheiro agrônomo José Maria Freire, pela colaboração.

À empresa Beckman Sementes, pelo auxílio imprescindível na execução do experimento de campo.

À minha esposa Francisca Mirlanda Vasconcelos Furtado, pelo companheirismo e apoio nos momentos difíceis.

Aos meus Pais Francisco Pereira da Silva e Maria Neuisse Souza da Silva, pelo incentivo e credibilidade.

## RESUMO

A adubação do solo, tradicionalmente feita com a utilização de adubos minerais, representa um dos maiores custos da produção agrícola. Desta forma, os pequenos e médios produtores têm dificuldades para assegurar as boas condições de fertilidade do solo. O objetivo deste trabalho foi determinar a combinação de adubo mineral e adubo orgânico que proporcione a melhor resposta para o crescimento e produção da mamoneira. O experimento foi realizado entre abril e setembro de 2014. O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso, onde foram testados 25 tratamentos distribuídos em um esquema fatorial 5 x 5, sendo combinadas cinco doses de adubo mineral (0, 75, 150, 225 e 300 kg ha<sup>-1</sup> de N+P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>+K<sub>2</sub>O na proporção 1:1:1) e cinco doses de adubo orgânico (0, 1,25, 2,50, 3,75 e 5,0 toneladas ha<sup>-1</sup> de torta de mamona composta). O experimento foi realizado no município de Crateús, estado do Ceará. O solo da região é um ARGISSOLO Amarelo eutrófico, com textura franco arenosa. A área foi irrigada diariamente com sistema de irrigação localizada com tubo gotejador de 4,14 L hora<sup>-1</sup> de vazão média, sendo que o volume de água utilizado foi de aproximadamente 300 mm mensais. Foram avaliados os componentes de produção peso, número de frutos e peso das sementes do racemo primário, número de racemos por planta, peso de 100 sementes e produtividade, bem como as concentrações dos macros e micronutrientes da folha da mamoneira. A maior produtividade foi alcançada na utilização de adubação combinada com 3,75 toneladas ha<sup>-1</sup> de adubo orgânico com 150,0 kg ha<sup>-1</sup> de adubo mineral. A tendência de aumento de produtividade da mamona foi verificada para a adubação orgânica com 3,75 toneladas ha<sup>-1</sup> de adubo orgânico combinada com adubo mineral até a quantidade máxima de 176,80 kg ha<sup>-1</sup> de adubo mineral, com a produção máxima alcançada de aproximadamente 2372,0 kg ha<sup>-1</sup>. O componente de produção que mais contribui para o aumento da produtividade da mamoneira é o número de racemos por planta, que pode aumentar substancialmente a quantidade de sementes por área de cultivo.

**Palavras-chave:** Torta de mamona. Casca de mamona.

## ABSTRACT

The fertilization of the soil, traditionally made with the use of mineral fertilizers, is one of the biggest costs of agricultural production. In this way, small and medium producers have difficulties in ensuring good soil fertility conditions. The objective of this study was to determine the combination of mineral fertilizer and organic fertilizer that gives the best answer for the growth and production of castor bean. The experiment was carried out between April and September 2014. The statistical design was randomized blocks, which were tested 25 treatments distributed in a factorial 5 x 5, with combined five doses of mineral fertilizer (0, 75, 150, 225 and 300 kg ha<sup>-1</sup> of N + P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + K<sub>2</sub>O in a ratio of 1: 1: 1) and five levels of fertilizer (0, 1.25, 2.50, 3.75 and 5.0 t ha<sup>-1</sup> composite castor bean cake). The experiment was conducted in the municipality of Crateús, state of Ceará. The soil of the region is a ultisol Yellow eutrophic, with sandy loam texture. The area was irrigated daily with a sprinkler system located dripline with 4.14 L of 1-time average flow, and the volume of water used was about 300 mm per month. It was evaluated the production weight components, number of fruit and seed weight of the primary raceme, number of racemes per plant, weight of 100 seeds, and yield, as well as the concentrations of macro and micronutrients in leaf of castor bean. The highest yield was achieved in the use of fertilizer combined with 3.75 tons ha<sup>-1</sup> of organic fertilizer with 150.0 kg ha<sup>-1</sup> of mineral fertilizer. The trend of castor productivity increase was observed for the organic fertilizer with 3.75 tons ha<sup>-1</sup> of organic manure combined with mineral fertilizer to the maximum amount of 176.80 kg ha<sup>-1</sup> of mineral fertilizer, with maximum production reached approximately 2372.0 kg ha<sup>-1</sup>. The production component that contributes most to the increase of castor bean productivity is the number of racemes per plant, which can substantially increase the amount of seed for cultivation area.

**Keywords:** Castor bean cake. Castor bean hull.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Quantidade de carbono mineralizado, estimado através da respiração microbiana em solos que receberam 10% (w/w) de torta de mamona, esterco bovino e bagaço de cana. Fonte: SEVERINO et al., 2004 .....	24
Figura 2 – Massa seca de plantas de mamona submetidas à adubação com torta de mamona e casca de mamona em cinco diferentes proporções Fonte: LIMA et al., 2011 .....	25
Figura 3 – Cova de plantio com detalhe da colocação da adubação orgânica e do calcário .....	30
Figura 4 – Distribuição das mangueiras de gotejamento no campo .....	31
Figura 5 – Esquema simplificado do sistema de irrigação adotado no experimento com duas mangueiras de gotejadores por cada linha de plantio .....	32
Figura 6 – Esquema simplificado do sistema de irrigação adotado no experimento com duas mangueiras de gotejadores por cada linha de plantio .....	32
Figura 7 – Caracterização da parcela experimental .....	33
Figura 8 – Regressão quadrática para os valores médios de produtividade, em kg ha <sup>-1</sup> , em função da quantidade de adubo mineral aplicado ao solo, sem a adição de adubo orgânico .....	43
Figura 9 – Regressão quadrática para os valores médios de produtividade, em kg ha <sup>-1</sup> , em função da quantidade de adubo mineral aplicado ao solo, com a adição de 1,25 toneladas ha <sup>-1</sup> de adubo orgânico e tratamento controle sem a adição de adubo orgânico .....	43
Figura 10 – Regressão quadrática para os valores médios de produtividade, em kg ha <sup>-1</sup> , em função da quantidade de adubo mineral aplicado ao solo, com a adição de 2,5 toneladas ha <sup>-1</sup> de adubo orgânico e tratamento controle sem a adição de adubo orgânico .....	44
Figura 11 – Regressão quadrática para os valores médios de produtividade, em kg ha <sup>-1</sup> , em função da quantidade de adubo mineral aplicado ao solo, com a adição de 3,75 toneladas ha <sup>-1</sup> de adubo orgânico e tratamento controle sem a adição de adubo orgânico .....	44

- Figura 12 – Regressão quadrática para os valores médios de produtividade, em kg  $ha^{-1}$ , em função da quantidade de adubo mineral aplicado ao solo, com a adição de 5,0 toneladas  $ha^{-1}$  de adubo orgânico e tratamento controle sem a adição de adubo orgânico ..... 45
- Figura 13 – Regressão quadrática para os valores médios do número de racemos por planta, em função da quantidade de adubo mineral aplicado ao solo, sem a adição de adubo orgânico ..... 46
- Figura 14 – Regressão quadrática para os valores médios do número de racemos por planta em função da quantidade de adubo mineral aplicado ao solo, com a adição de 1,25 toneladas  $ha^{-1}$  de adubo orgânico e tratamento controle sem a adição de adubo orgânico ..... 47
- Figura 15 – Regressão quadrática para os valores médios do número de racemos por planta em função da quantidade de adubo mineral aplicado ao solo, com a adição de 2,5 toneladas  $ha^{-1}$  de adubo orgânico e tratamento controle sem a adição de adubo orgânico ..... 47
- Figura 16 – Regressão quadrática para os valores médios do número de racemos por planta em função da quantidade de adubo mineral aplicado ao solo, com a adição de 3,75 toneladas  $ha^{-1}$  de adubo orgânico e tratamento controle sem a adição de adubo orgânico ..... 48
- Figura 17 – Regressão quadrática para os valores médios do número de racemos por planta em função da quantidade de adubo mineral aplicado ao solo, com a adição de 5,0 toneladas  $ha^{-1}$  de adubo orgânico e tratamento controle sem a adição de adubo orgânico ..... 48
- Figura 18 – Regressão quadrática para os valores médios do número do peso de 100 sementes em função da quantidade de adubo mineral aplicado ao solo, sem a adição de adubo orgânico ..... 50
- Figura 19 – Regressão quadrática para os valores médios do número do peso de 100 sementes em função da quantidade de adubo mineral aplicado ao solo, com a adição de 1,25 toneladas  $ha^{-1}$  de adubo orgânico e tratamento controle sem a adição de adubo orgânico ..... 50

- Figura 20 – Regressão quadrática para os valores médios do número do peso de 100 sementes em função da quantidade de adubo mineral aplicado ao solo, com a adição de 1,25 toneladas  $ha^{-1}$  de adubo orgânico e tratamento controle sem a adição de adubo orgânico ..... 51
- Figura 21 – Regressão quadrática para os valores médios do número do peso de 100 sementes em função da quantidade de adubo mineral aplicado ao solo, com a adição de 1,25 toneladas  $ha^{-1}$  de adubo orgânico e tratamento controle sem a adição de adubo orgânico ..... 51
- Figura 22 – Regressão quadrática para os valores médios do número do peso de 100 sementes em função da quantidade de adubo mineral aplicado ao solo, com a adição de 1,25 toneladas  $ha^{-1}$  de adubo orgânico e tratamento controle sem a adição de adubo orgânico ..... 52
- Figura 23 – Regressão linear para os valores médios do peso do racemo primário em função da quantidade de adubo mineral aplicado ao solo, com a adição de 1,25 toneladas  $ha^{-1}$  e de 2,5 toneladas  $ha^{-1}$  de adubo orgânico e tratamento controle sem a adição de adubo orgânico ..... 53
- Figura 24 – Regressão linear para os valores médios do peso do racemo primário em função da quantidade de adubo mineral aplicado ao solo, com a adição de 3,75 toneladas  $ha^{-1}$  e de 5,0 toneladas  $ha^{-1}$  de adubo orgânico e tratamento controle sem a adição de adubo orgânico ..... 53
- Figura 25 – Regressão linear para os valores médios do número de frutos do racemo primário em função da quantidade de adubo mineral aplicado ao solo, com a adição de 1,25 toneladas  $ha^{-1}$  e de 2,5 toneladas  $ha^{-1}$  de adubo orgânico e tratamento controle sem a adição de adubo orgânico ..... 54
- Figura 26 – Regressão linear para os valores médios do número de frutos do racemo primário em função da quantidade de adubo mineral aplicado ao solo, com a adição de 3,75 toneladas  $ha^{-1}$  e de 5,0 toneladas  $ha^{-1}$  de adubo orgânico e tratamento controle sem a adição de adubo orgânico ..... 55

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Número de municípios, por estado, que atendem as condições de altitude e precipitação pluvial para o cultivo de mamoneira. Região Nordeste. AMORIN NETO et al., 2001 .....	20
Tabela 2 – Produtividade em kg ha <sup>-1</sup> de grãos de mamona nas safras 2011/2012 e 2012/2013. Fonte: CONAB, 2013 .....	21
Tabela 3 – Principais produtos obtidos a partir do óleo de rícino. Fonte: SCHNEIDER, 2003 .....	22
Tabela 4 – Teor (%) de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio de substratos orgânicos. Fonte: SEVERINO et al., 2006 .....	24
Tabela 5 – Composição granulométrica, umidade e densidade para as duas profundidades de um ARGISSOLO Amarelo do município de Crateús-CE. ....	29
Tabela 6 – Composição do complexo sortivo para duas profundidades de um ARGISSOLO Amarelo do município de Crateús-CE .....	29
Tabela 7 – Esquema geral dos tratamentos usados no experimento .....	34
Tabela 8 – Quantidades do adubo mineral em kg ha <sup>-1</sup> e do adubo orgânico em t ha <sup>-1</sup> para cada uma das doses .....	35
Tabela 9 – Quantidades do adubo mineral em g planta <sup>-1</sup> e do adubo orgânico em kg planta <sup>-1</sup> para cada uma das doses .....	35
Tabela 10 – Macro e micronutrientes do composto orgânico com 75% de torta de mamona e 25% de casca de mamona .....	36
Tabela 11 – Quadrados médios das variáveis: produtividade (PRO), peso total de sementes (PST), número de racemos por planta (RPP) e peso de 100 sementes (PCS) .....	40
Tabela 12 – Quadro auxiliar com valores médios de produtividade (kg ha <sup>-1</sup> ), número de racemos por planta e peso de 100 sementes (g), de acordo com as quantidades de adubo mineral, em toneladas ha <sup>-1</sup> e de adubo mineral (N+P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +K <sub>2</sub> O 1:1:1, em kg ha <sup>-1</sup> ) .....	41
Tabela 13 – Resumo da análise de variância para as variáveis: peso do racemo primário (PRP), peso de sementes do racemo primário (PSRP), comprimento do racemo primário (CRP) e número de frutos por racemo primário (FRP) .....	56

Tabela 14 – Quadro auxiliar com valores médios do peso do racemo primário (g), peso de sementes do racemo primário e número de frutos do racemo primário, de acordo com as quantidades de torta de mamona composta (TMC, em toneladas ha-1) e de adubo mineral (N+P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +K <sub>2</sub> O 1:1:1, em kg ha-1) .....	57
Tabela 15 – Resumo da análise de variância para as variáveis nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), ferro (Fe), zinco (Zn) e manganês (Mn) .....	59
Tabela 16 – Quadro auxiliar com valores médios de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), ferro (Fe), zinco (Zn) e manganês (Mn) extraídos da folha de mamona de acordo com diferentes quantidades de adubo mineral adicionadas ao solo .....	60
Tabela 17 – Quadro auxiliar com valores médios de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), ferro (Fe), zinco (Zn) e manganês (Mn) extraídos da folha de mamona de acordo com diferentes quantidades de adubo orgânico adicionadas ao solo .....	60

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>2</b>	<b>HIPÓTESES</b> .....	17
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	18
<b>3.1</b>	<b>Objetivo geral</b> .....	18
<b>3.2</b>	<b>Objetivos específicos</b> .....	18
<b>4</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	19
<b>4.1</b>	<b>Cultura da mamoneira</b> .....	19
<b>4.1.1</b>	<i>Planta</i> .....	19
<b>4.1.2</b>	<i>BRS 188 Paraguaçu</i> .....	20
<b>4.1.3</b>	<i>Cultivo da mamoneira</i> .....	21
<b>4.2</b>	<b>Óleo, torta e casca de mamona</b> .....	21
<b>4.3</b>	<b>Adubo mineral e adubo orgânico</b> .....	25
<b>5</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	28
<b>5.1</b>	<b>Clima e solo</b> .....	28
<b>5.2</b>	<b>Preparo da área e plantio</b> .....	29
<b>5.3</b>	<b>Sistema de irrigação</b> .....	30
<b>5.4</b>	<b>Tratamentos e delineamento experimental</b> .....	33
<b>5.5</b>	<b>Caracterização do adubo orgânico</b> .....	36
<b>5.6</b>	<b>Tratos culturais</b> .....	36
<b>5.7</b>	<b>Análise foliar</b> .....	37
<b>5.8</b>	<b>Produção e produtividade</b> .....	37
<b>5.9</b>	<b>Análises estatísticas</b> .....	38
<b>6</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	39
<b>7</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	61
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	62

## 1 INTRODUÇÃO

A manutenção das condições ideais do solo para o cultivo agrícola está fundamentada nos atributos físicos e químicos do solo que permitam o desenvolvimento das raízes e, a absorção de nutrientes e, assim, o bom desempenho das plantas. Um dos requisitos necessários à qualidade do solo é a fertilidade. Os macro e micronutrientes do solo são fatores limitantes ao desenvolvimento das culturas, podendo ser repostos pela prática da adubação. A correta escolha do tipo de adubo deve levar em consideração a exigência nutricional da cultura, a deficiência de nutrientes do solo, além do custo de aquisição.

Os adubos podem ser minerais ou orgânicos. Devido à sua elevada concentração e solubilidade, o adubo mineral é utilizado em quase que 100% dos cultivos agrícolas no mundo, o que acarreta uma alta demanda anual de insumos deste tipo. Em contrapartida, as reservas de alguns minerais de alguns nutrientes estão em processo de esgotamento, como o fósforo, por exemplo. Desta forma, os investimentos em fontes renováveis para a manutenção dos adequados índices de fertilidade dos solos cultivados são uma necessidade atual.

Alternativamente os resíduos minerais e orgânicos, agrícolas, industriais e domésticos, têm sido utilizados como insumos para a agricultura. Esta prática de adubação alternativa à mineral proporciona economia para a agricultura e correta destinação a materiais com elevado potencial de contaminação ambiental. Como esses materiais geralmente são especificamente ricos em determinado nutriente, há a necessidade da formulação de compostos que contenham todos os elementos requeridos à nutrição vegetal. Os materiais utilizados na composição destes adubos alternativos são geralmente resíduos da produção agrícola ou do beneficiamento dos produtos agrícolas.

A mamona é uma oleaginosa cujo óleo de suas sementes é bastante utilizado em diversos segmentos da indústria. O óleo de rícino possui propriedades particulares não encontradas em qualquer outro óleo vegetal, como alta viscosidade, solubilidade em álcool e estabilidade em temperaturas extremas. No beneficiamento do óleo da mamona há a formação de um resíduo orgânico rico em nutrientes e, por este motivo, utilizado geralmente na adubação do solo. A torta de mamona surge da prensagem das sementes por ocasião da retirada do óleo e apresenta uma quantidade de nitrogênio em torno de 7,0% (SEVERINO et al., 2006). Embora a torta de mamona seja considerada um bom fertilizante agrícola, somente ela não é capaz de suprir as necessidades da planta, já que a quantidade dos demais nutrientes é baixa. Desta forma, é fundamental a combinação da torta de mamona com outros materiais. A casca de mamona é um subproduto do processo de descascamento da

mamona que possui uma quantidade de potássio, em torno de 4,0%, o que a torna uma boa alternativa de adubação, assim como a torta de mamona. Desta maneira, um composto orgânico formado pela combinação de torta de mamona com casca de mamona poderia fornecer a adequada quantidade de nitrogênio e potássio requerida pela cultura da mamona, embora apresente ainda uma quantidade pequena dos demais nutrientes.

Os nutrientes requeridos ao desenvolvimento das plantas se classificam em macronutrientes e micronutrientes. Os macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) são assim denominados porque são requeridos em maiores quantidades pelas plantas. Já os micronutrientes (Fe, Zn, Mn, Cu, Cl, B e Mo) são requeridos em pequenas quantidades. No solo, o desequilíbrio destes nutrientes afeta significativamente o desenvolvimento vegetativo, isto porque os inúmeros processos interativos que ocorrem no solo se refletem desde a absorção radicular até a produção final. Ambos os nutrientes competem pelo mesmo sítio de absorção radicular e, mesmo a absorção pelas plantas sendo específicas, comumente ocorrem competições entre os nutrientes, já que as rotas através do solo até às plantas são as mesmas.

A mamoneira é uma cultura plantada no Nordeste brasileiro geralmente em pequenas propriedades, cujos proprietários embora possuam poucos conhecimentos técnicos sobre a adubação do solo, sabem da necessidade de tal prática agrícola. Pelo fato dos poucos recursos financeiros para a aquisição de adubos minerais, os pequenos e médios agricultores recorrem à utilização de resíduos orgânicos para a manutenção da qualidade do solo.

O elevado custo de aquisição dos adubos minerais, bem como o risco de esgotamento das reservas minerais de determinados nutrientes, levam ao questionamento sobre o futuro da agricultura mundial. Alternativas à adubação mineral são necessárias e urgentes, para garantirem a segurança alimentar das gerações subsequentes. A utilização dos resíduos orgânicos combinados com os adubos minerais poderia diminuir a exploração das reservas minerais, destinar corretamente os resíduos agroindustriais, além de promover a diminuição dos custos de adubação.



## **2 HIPÓTESES**

A adubação combinada, mineral e orgânica, promove melhor desenvolvimento e maior produtividade da mamoneira cultivada na região semiárida do Nordeste brasileiro.

A torta de mamona composta promove aumentos de produtividade da mamona, assim como a adubação mineral.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo Geral**

Determinar a combinação de adubação mineral, e orgânica que proporcione a melhor resposta à absorção de nutrientes e aos componentes de produção da mamoneira cultivar BRS 188 Paraguaçu e, assim, proporcionar a economia dos custos de produção e correta destinação a resíduos gerados pela agroindústria.

#### **3.2 Objetivos Específicos**

1 Analisar os efeitos das interações entre cinco doses de adubação mineral (0, 75, 150, 225 e 300 kg ha<sup>-1</sup> de N:P:K na proporção 1:1:1) e cinco doses de adubação orgânica (0, 1,25, 2,50, 3,75 e 5,0 toneladas ha<sup>-1</sup> de torta de mamona composta), na produção da mamoneira na região semiárida do nordeste brasileiro.

2 Determinar os valores dos componentes de produção, peso e peso de sementes do racemo primário da mamoneira, sob o efeito de 25 diferentes doses formadas pela combinação de cinco doses da adubação mineral e cinco doses da adubação orgânica.

3 Verificar o número de racemos por planta, o peso total de racemos, o peso total de sementes, o peso de 100 sementes e produtividade da mamoneira adubada com 25 diferentes doses formadas pela combinação de cinco doses da adubação mineral e cinco doses da adubação orgânica.

4 Quantificar os nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn e Mn) extraídos pela mamoneira em função de 25 doses combinadas da adubação mineral e orgânica (cinco doses de adubo mineral e cinco doses de adubo orgânico).

## 4 REVISÃO DE LITERATURA

### 4.1 Cultura da mamona

#### 4.1.1 *Planta*

A mamoneira (*Ricinus communis* L.) é uma oleaginosa da família Euforbiaceae e que tem provável origem no leste do continente africano. Sua origem ainda incerta é devida a evidências de sua presença nos continentes africano, asiático e americano. (AZEVEDO et al., 1997). Possui um sistema radicular pivotante que pode atingir a profundidade de até 1,5 m, e ramificações laterais que podem atingir 1,0 m. Apresentam um caule arredondado, de coloração esverdeada ou arroxeadada que pode produzir cera, dependendo da variedade. Inicialmente o caule cresce verticalmente sem ramificações culminando na primeira inflorescência. As folhas se apresentam em formatos diversos, dependendo da variedade e do clima em que é produzida, mas que geralmente são grandes, de coloração verde-escura e brilhante. A inflorescência é do tipo panícula composta de um racemo bem desenvolvido e com pequenos ramos laterais. Os racemos começam a ser emitidos a partir do ramo principal da planta, quando surge o racemo principal, ou primário. Com o desenvolvimento dos ramos laterais surgem os racemos secundários, terciários, quaternários e assim sucessivamente. Seus frutos são do tipo cápsula com três receptáculos onde se encontram as sementes, podendo ser deiscentes (abertura total), semideiscentes (abertura parcial), ou indeiscentes (não abrem espontaneamente) (DRUMOND et al., 2008).

Embora seja facilmente encontrada em praticamente todas as regiões do Brasil, a mamoneira só alcança bons índices produtivos em regiões com altitude entre 300 e 1500 m. As temperaturas ideais para o seu desenvolvimento são as próximas de 20 e 26°C, sendo que em temperaturas mais altas, acima de 40°C, podem ocorrer abortamentos e redução do teor de óleo das sementes (AZEVEDO et al., 1997). As elevadas temperaturas podem conduzir também a um aumento da proporção de flores masculinas em relação às femininas, o que acarreta em diminuição da produção (BERTOZZO et al., 2011).

A planta de mamona se desenvolve bem na maioria dos solos encontrados no Brasil. Os solos mais profundos e bem estruturados são os mais indicados, sendo que em solos muito argilosos ou com drenagem deficiente podem ocorrer problemas de

germinação e desenvolvimento inicial das plântulas. Solos muito férteis também devem ser evitados por conta do elevado desenvolvimento vegetativo, em detrimento da produção (AZEVEDO et al., 1997). O zoneamento agroecológico da mamoneira (Tabela 1) apontou 418 municípios do Nordeste do Brasil como aptos ao cultivo da mamoneira, com destaque para o estado da Bahia com 190 municípios, seguido por Piauí, Ceará, Paraíba e Pernambuco (AMORIN NETO et al., 2001). Neste zoneamento os autores levaram em consideração as condições limitantes à produção da mamona, sendo que a característica mais limitante foi a altitude, que deixou de fora locais em que as condições de precipitação são excelentes como a região litorânea, por exemplo.

Tabela 1 - Número de municípios, por estado, que atendem as condições de altitude e precipitação pluvial para o cultivo de mamoneira na região Nordeste do Brasil

Estado	Número de municípios
Bahia	190
Piauí	51
Ceará	50
Paraíba	46
Pernambuco	44
Rio Grande do Norte	12
Maranhão	12
Alagoas	10
Sergipe	03

Fonte: AMORIN NETO et al., 2001.

#### **4.1.2 Cultivar BRS 188 Paraguaçu**

Desenvolvida pela Embrapa em parceria com a Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola (EBDA) teve sua origem em processo de seleção massal na cultivar Sangue-de-Boi. Apresenta caule de coloração arroxeada com serosidade e altura média de 1,6 m. O potencial produtivo médio é de 1500 kg ha<sup>-1</sup>, se observadas as devidas condições de umidade do solo. Os racemos se apresentam no formato arredondado com sementes de coloração preta com peso médio de 71 gramas por cem sementes (BELTRÃO et al., 2003).

### 4.1.3 Cultivo da mamoneira

Existe uma grande variedade de cultivares adaptadas às diferentes condições de clima e solo. Para a região Nordeste as cultivares recomendadas, de acordo com Drumond et al. (2008), são as que apresentam resistência a estiagem, frutos semideiscentes e produtividade média de 1500 kg ha<sup>-1</sup>. Dentre as variedades que apresentam estas características estão a BRS Nordestina e a BRS Paraguaçu, ambas de porte médio, e mais recentemente a BRS Energia, de porte baixo e de ciclo precoce (BELTRÃO et al., 2003).

O Nordeste brasileiro é responsável por grande parte da produção nacional de mamona, embora os índices médios de produtividade ainda estejam abaixo de 500 kg ha<sup>-1</sup>. Os baixos índices de produção registrados são reflexo do sistema produtivo adotado, que em sua grande maioria ainda é o de sequeiro. Na safra 2012/2013 a produtividade média das áreas cultivadas com mamoneira na região Nordeste do Brasil (Tabela 3) foi de 163 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2015).

Tabela 2 - Produtividade em kg ha<sup>-1</sup> de grãos de mamona nas safras 2011/2012 e 2012/2013.

Região/UF	2011/2012	2012/2013
Nordeste	172	163
PI	96	75
CE	79	140
RN	571	-
PE	231	267
BA	207	166

Fonte: CONAB 2015.

## 4.2 Óleo, torta e casca de mamona

O principal produto da mamona é o óleo de suas sementes. O óleo de rícino, conhecido assim por conta da sua composição principal, a ricinina, é um óleo de grande utilização em diversos setores da indústria, desde a de lubrificantes até a medicinal

(Tabela 4). Apresenta características únicas que o torna um dos mais nobres com inúmeras utilidades, como solubilidade em álcool, elevada viscosidade e estabilidade em temperaturas extremas. São exemplos de produtos a base de óleo de mamona os lubrificantes especiais para temperaturas muito altas ou muito baixas, além de solventes de tintas, cosméticos e remédios.

Tabela 3 - Principais produtos obtidos a partir do óleo de rícino

Segmento	Produtos
Alimentação	Éster, aditivo redutor de viscosidade, Ácidos Graxos conjugados, Triglicerídeos de cadeia média, papéis, antiespumante, aditivo impermeabilizante.
Farmacêutica	Glicerina, ceras, ácido undecilênico, zinco undecilenato, anidro enântico, cálcio undecilenato.
Tintas e Adesivos	Polióis, ácido dimérico, poliamidas, resinas alquílicas, ácido ricinoléico, agente tixotrópico, aditivo umidificante e dispersante
Química Têxtil	Surfactantes, agente umidificante de pigmento.
Plásticos e borrachas	Agente agregante, massa de moldar, polióis
Eletrônicos e Telecomunicações	Sistema de poliuretano, resina de poliamida, éster, polióis, ceras, fluido capacitor.
Lubrificantes	Ácido dimérico, ácido ricinoléico, éster, ácido heptanóico, sais metálicos, ácido hidroxiesteárico, metil hidroxiestearato, inibidores de corrosão, ácido sebáico.
Cosméticos	Emulsificante, éster, ácido undecilênico, desodorante, cera, triglicéride de cadeia média.

Perfumaria	Heptaldeído, ácido heptanóico, ácido undecilênico, aldeído undecilênico, álcool heptílico, heptanoato de etila, acetato heptílico.
------------	--

---

Fonte: SCHNEIDER, 2003.

Dentre os subprodutos da mamona o que merece mais destaque é a torta de mamona, que é o resíduo da prensagem das sementes para obtenção do óleo. Por possuir elevada quantidade de nitrogênio, em torno de 7,0%, a torta é muito utilizada como adubo orgânico, ou ainda na composição de rações, assim como o farelo de soja, na alimentação de animais, desde que seja adequadamente destoxicada para eliminação da ricinina, altamente tóxica para o organismo animal. Em comparação com outros materiais orgânicos utilizados como adubo, a torta de mamona é a que possui maior quantidade de nitrogênio (Tabela 4).

Outro subproduto que merece destaque é a casca, obtida a partir do processamento dos frutos para retirada das sementes. A casca de mamona possui uma quantidade de potássio em torno de 4,0% e é adequada para adubação orgânica. Se adicionada ao solo em grandes quantidades pode ocasionar imobilização de nutrientes por apresentar uma elevada relação C/N. A minimização do efeito do baixo índice de decomposição da casca de mamona pode ser feita com a sua combinação com materiais de acelerada decomposição. A torta de mamona possui uma taxa de mineralização mais elevado de que outros materiais comumente utilizados na adubação orgânica como esterco bovino e bagaço de cana, por exemplo, (Figura 1). A rápida mineralização da torta de mamona se deve principalmente à sua baixa relação C/N e também à elevada quantidade de nutrientes (N, P e K, principalmente) (SEVERINO et al., 2004). Para cada tonelada de óleo produzido obtém-se 1,13 toneladas de torta de mamona e 1,31 toneladas de casca de mamona, o que representa uma quantidade anual de 642 mil e 741 mil toneladas, respectivamente, produzidas mundialmente. (LIMA, et al., 2011). Estes mesmos autores propuseram a aplicação conjunta de torta de mamona e casca de mamona numa quantidade média ideal de 45% e 55%, respectivamente para o cultivo de mamona (Figura 2). Desta maneira a baixa decomposição da casca seria compensada pela acelerada decomposição da torta, além de a torta ser fonte de nitrogênio e de fósforo e a casca ser fonte de potássio.

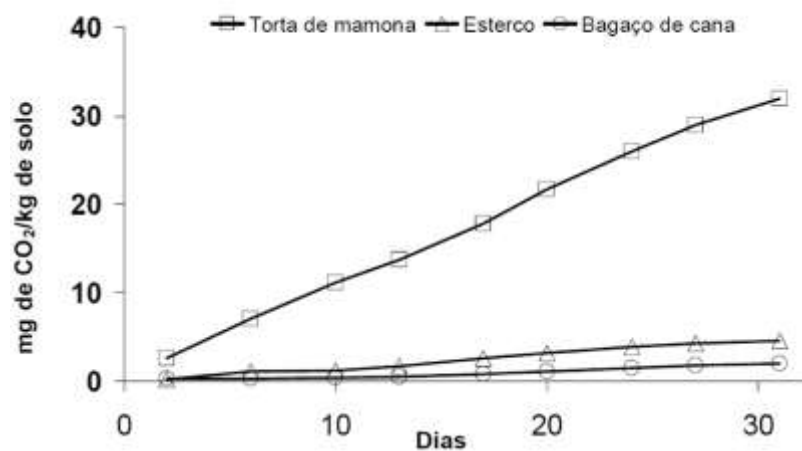
Tabela 4 - Teor de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio de substratos orgânicos

Substrato	N	P	K	Ca	Mg
			%		
Bagaço de cana	0,24 fg	0,20 f	0,11 f	0,38 b	0,44 cd
Cama de frango	2,95 d	3,87 a	1,10 c	4,71 b	6,93 a
Casca de amendoim	1,53 defg	0,36 f	0,79 d	0,46 b	0,21 d
Casca de mamona	1,86 de	0,26 f	4,50 b	0,67 b	0,30 cd
Cinza de madeira	0,51 efg	3,36 b	4,85 a	26,40 a	2,70 b
Esterco bovino	0,77 efg	0,87 e	0,32 ef	0,30 b	0,18 d
Mucilagem de sisal	0,12 g	0,10 f	0,10 f	0,40 b	0,24 d
Polpa de mamona	12,82 a	1,58 d	0,58 de	0,23 b	1,20 c
Tegumento de mamona	1,69 def	0,15 f	0,60 de	1,00 b	0,38 cd
Torta de algodão	4,55 c	2,16 c	0,74 d	0,57 b	0,39 cd
<b>Torta de mamona</b>	<b>7,54 b</b>	<b>3,11 b</b>	<b>0,66 d</b>	<b>0,75 b</b>	<b>0,51 cd</b>

Valores seguidos pela mesma letra dentro da coluna não diferem entre si pelo teste de tukey a 5 % de probabilidade.

Fonte: SEVERINO et al., 2006.

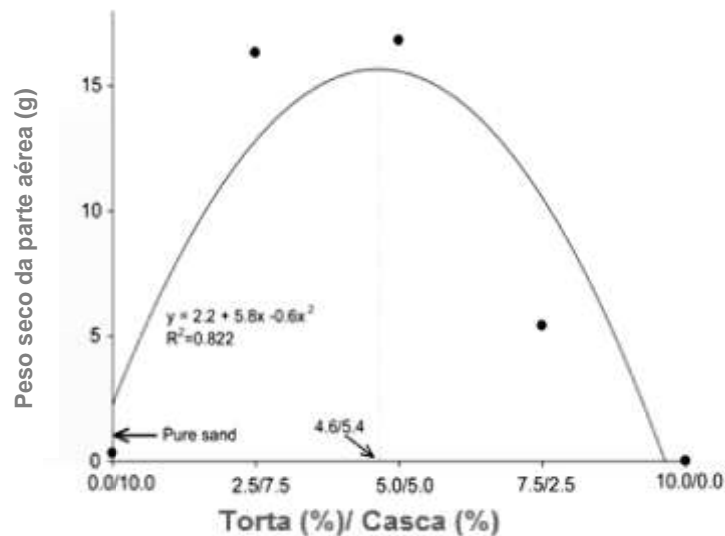
Figura 1 - Quantidade de carbono mineralizado, estimado através da respiração microbiana em solos que receberam 10% (w/w) de mamona, esterco bovino e bagaço de cana.



Fonte: SEVERINO et al., 2004



Figura 2 - Massa seca de plantas de mamona submetidas à adubação com torta de mamona e casca de mamona em diferentes proporções.



Fonte: LIMA et al., 2011

### 4.3 Adubo mineral e adubo orgânico

O adubo mineral é a principal fonte de nutrientes para a produção agrícola mundial. São compostos minerais concentrados e solúveis que quando em contato com a solução do solo liberam os nutrientes prontamente disponíveis para as plantas. A demanda mundial por adubos minerais solúveis aumenta a cada ano, isto por conta do aumento da área cultivada e da exigência nutricional das novas variedades introduzidas. A quantidade total de adubo mineral utilizado no Brasil foi de 31.082 milhões de toneladas no ano de 2013, um aumento de 5,2 % em relação ao ano anterior (ANDA, 2015). No mesmo período o aumento da área plantada com grãos foi 6,3 % (Conab, 2015), o que reflete uma possível ligação entre os dois índices.

A matéria prima do adubo mineral é a rocha. Após ser extraído, o material rochoso é submetido a procedimentos industriais de grande consumo de energia, dando origem a compostos concentrados de elevado custo de produção. Após a retirada do mineral de interesse, o restante do material é abandonado, formando “pilhas” (estéreis) completamente desestruturadas, que impedem a regeneração do ambiente. Devido ao elevado consumo, as reservas de alguns minerais encontram-se ameaçadas de esgotamento. Como principal exemplo tem-se o fósforo. Considerando a previsão de aumento anual da demanda por fertilizantes fosfatados de 2,5 a 3,0%, estima-se que as reservas de rocha fosfática conhecidas

hoje, que são de aproximadamente 62 bilhões de toneladas, possam atender a demanda por fósforo para produção agrícola em pouco mais de 100 anos, (GILBERT, 2009).

Os adubos minerais são compostos que apresenta elevada solubilidade em água, desta forma os nutrientes (íons) liberados ficam disponíveis na solução do solo para a absorção radicular ou adsorção aos colóides. Caso os nutrientes não sejam absorvidos pelas plantas, estes ficam sujeitos a ação de fatores que promovem sua retirada da área de atuação das raízes como a lixiviação, a volatilização e o escoamento superficial. A adubação mineral, em muitos casos é feita de maneira errônea, seja pela disposição do adubo no solo que pode impedir a sua incorporação, ou ainda pela dose a ser colocada que pode conduzir a uma perda por lixiviação. No caso de adubos nitrogenados, por exemplo, podem ocorrer perdas se o mesmo não for adequadamente parcelado em múltiplas aplicações durante o ciclo da cultura. A rápida perda de nitrogênio ocorre principalmente pela volatilização da amônia ( $\text{NH}_4^+$ ), que é convertida no gás  $\text{NH}_3$ , ou pela desnitrificação, onde o nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) é convertido em  $\text{N}_2\text{O}$  e  $\text{N}_2$  e perdido para a atmosfera.

Existem diversos compostos minerais que são utilizados como adubos, dentre os principais estão: o sulfato de amônia e a uréia com fonte de nitrogênio, o super fosfato simples e o super fosfato triplo como fonte de fósforo, e o cloreto de potássio como fonte de potássio. Além destes, outros compostos minerais podem conter dois ou mais nutrientes às plantas. Pela legislação brasileira que regulamenta a fabricação, comercialização e utilização de fertilizantes, os adubos compostos são misturas que podem apresentar como composição principal o NPK, NP, NK ou PK (ALCARDE, 2007). Os adubos minerais podem ainda ser misturados no campo, desde que não ocorram reações que promovam a indisponibilidade de algum nutriente. A incompatibilidade físico-química dos adubos minerais é condicionada pela higroscopicidade (capacidade de absorver água do ar atmosférico) da mistura, expressa pela “umidade relativa crítica” (URc), que é a umidade relativa do ar máxima na qual o adubo pode ser exposto sem absorver a umidade (ALCARDE, 2007).

O elevado custo da aquisição dos adubos minerais fez com que surgissem alternativas à adubação convencional do solo. Dentre as alternativas, os materiais que eram descartados de processos industriais e da própria agricultura foram reintegrados no sistema produtivo, evitando assim a poluição do ambiente e a economia na produção agrícola. Dentre os matérias mais utilizados com adubos alternativos estão os materiais orgânicos que, além de

possuir relativa quantidade de nutrientes, são de baixo custo e fácil aquisição. A utilização destes materiais é mais comum em pequenas e médias propriedades, em que restos de culturas, resíduos de podas de árvores, estercos e resíduos da agroindústria podem ser convertidos em compostos orgânicos capazes de fornecer nutrientes às plantas em quantidades satisfatórias. Em comparação com os nutrientes disponibilizados pelos AM os nutrientes advindos de materiais orgânicos permanecem mais tempo no perfil do solo e são menos lixiviados (BERTOL et al., 2011).

Nos compostos orgânicos os nutrientes se encontram inicialmente presos à estrutura orgânica e são solubilizados na solução do solo à medida que ocorre a degradação e mineralização da matéria orgânica (MO). A degradação da MO promove também alterações estruturais no solo por conta da ação de agregação das partículas pela atividade microbiana. Desta maneira, ocorre minimização de perdas por escoamento superficial. O procedimento de agregação das partículas sólidas do solo é complexo e está condicionado à presença de matéria orgânica e agentes agregantes biológicos ou minerais. Em solos com grande quantidade de carbonato de cálcio, este composto químico é o principal responsável pela “cimentação” das partículas orgânicas e minerais do solo, já para a maioria dos solos em que este tipo de material não está presente, a glomalina é a principal responsável pelo processo de agregação do solo. A glomalina é uma glicoproteína insolúvel e hidrofóbica produzida pelas hifas e esporos dos fungos micorrízicos arbusculares que desempenha a importante função de unir as partículas orgânicas do solo e rotege-las do ataque microbiano. A partir da proteção condicionada pela ação da glomalina os compostos orgânicos se mantêm mais tempo estáveis no solo. A correlação linear da quantidade de glomalina no solo (4-5 % do carbono orgânico) e da estabilidade dos agregados do solo indica a influência desta substância para o processo de agregação do solo (MERGULHÃO et al., 2008).

Além de ser fonte de nutrientes, a MO possui cargas elétricas com capacidade de retenção de íons. Em solos tropicais arenosos, em que há elevada macroporosidade, a MO é praticamente a única responsável pela capacidade de troca de cátions (CTC). Quando adicionados ao solo os resíduos orgânicos promovem aumento da CTC em praticamente 100% dos solos encontrados no Brasil, mesmo os alcalinos (ABREU Jr et al., 2001).

## 5 MATERIAL E MÉTODOS

### 5.1 Clima e solo

O experimento foi realizado no município de Crateús, estado do Ceará, (5°16'8" de latitude sul e 40°50'12" de longitude oeste), de abril a novembro de 2014. O clima é AW: tropical com estação seca, segundo a classificação Köppen-Geiger. A precipitação média anual é de 731 mm com temperatura média é de 26 a 28°C (Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Estado do Ceará, 2014).

O solo da região é um ARGISSOLO Amarelo eutrófico, (SANTOS et al., 2013). A amostra do solo foi composta pelo material de dez pontos amostrais. Em cada ponto amostral o material da profundidade de 0,0 a 25,0 cm foi colocado em um recipiente, enquanto que o material da profundidade de 25,0 a 40,0 cm foi colocado em recipiente distinto. Ao final da coleta do material dos dez pontos, o mesmo foi misturado e, logo em seguida, foi separada uma porção de aproximadamente 1,5 kg de terra que foi identificada e levada ao laboratório. Após serem secas ao ar e passadas em peneiras com malha de 2,0 mm de diâmetro, as amostras de terra foram submetidas à análise física para a determinação da composição granulométrica e da umidade, e à análise química para a determinação da acidez ativa, acidez potencial, macronutrientes (Ca, Mg, K, P e S), sódio e alumínio trocáveis e carbono orgânico total. Os componentes texturais do solo foram quantificados por dispersão física e química. Para a determinação da acidez ativa foi feita leitura do pH em água, numa relação solo-água 1:2,5. Os cátions trocáveis  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  foram determinados por titulometria e o  $\text{Na}^+$  e o  $\text{K}^+$ ; por fotometria de emissão de chama, enquanto que os ânions  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  e  $\text{SO}_4^{2-}$  determinados por colorimetria. O carbono orgânico total foi determinado por oxidação úmida. (SILVA, 2009).

A composição granulométrica e a quantidade de água disponível estão descritas na Tabela 5. A textura do solo foi identificada como sendo Areia franca na profundidade até 25,0 cm, e franco arenosa na profundidade de 25,0 a 50,0 cm e a umidade na capacidade de campo foi de  $7,67 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$  na camada mais superficial e de 10,11 na camada mais profunda do solo.

Os componentes do complexo sortivo estão descritos na Tabela 6. O pH do solo foi de 5,8 na cama mais superficial e de 5,2 na camada mais profunda, enquanto que a saturação por bases foi de 71% em média para as duas profundidades. Os teores de nutrientes eram muito abaixo do requerido pela cultura, e o solo apresentou ainda uma pequena porcentagem de saturação por alumínio.

Tabela 5 - Composição granulométrica, umidade e densidade para as duas profundidades de um ARGISSOLO Amarelo do município de Crateús-CE

Profundidade	Composição Granulométrica (g kg <sup>-1</sup> )				Umidade (g100g <sup>-1</sup> )			Densidade (g cm <sup>-3</sup> )	
	Areia Grossa	Areia fina	Silte	Argila	0,033 Mpa	1,5 Mpa	Água útil	Global	Partícula
0,0 a 25,0 cm	364	457	77	102	7,67	3,97	3,70	1,59	2,74
25,1 a 50,0 cm	536	202	88	174	10,11	5,51	4,60	1,55	2,54

Tabela 6 - Composição do complexo sortivo para duas profundidades de um ARGISSOLO Amarelo do município de Crateús-CE

Profundidade	pH	Ca <sup>2</sup>	Mg <sup>2</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup>	Al <sup>3+</sup>	M O	P *	V	m
						cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>					
0,0 a 25,0 cm	5,8	0,9	0,8	0,05	0,14	0,83	0,05	5,59	13	70	3
25,1 a 50,0 cm	5,2	0,8	0,8	0,11	0,10	0,66	0,20	3,51	2	72	10

\* Fósforo assimilável.

## 5.2 Preparo da área e plantio

O plantio foi realizado no dia 28 do mês de abril do ano de 2014. Antes da instalação do experimento o solo da área foi preparado com grade aradora e logo em seguida foi feita a marcação das covas de plantio. Com auxílio de um cordão com marcação da distância entre as plantas, foram abertas as covas com dimensões de 40,0 cm de largura por 40,0 cm de comprimento e 30,0 cm de profundidade (40x40x30), com utilização de enxada manual (Figura 3). Em seguida foram colocados no fundo da cova o calcário e o adubo orgânico na quantidade indicada para cada tratamento, misturados e cobertos por uma camada de terra de

aproximadamente 5,0 cm. Logo acima foram colocados os adubos minerais, também na quantidade para cada tratamento, e cobertos com outra camada de terra de 5,0 cm.

As doses dos adubos minerais sulfato de amônio e cloreto de potássio foram parceladas em duas aplicações para diminuir as perdas, assim, durante o plantio, foram colocadas somente a metade da quantidade da dose, sendo que a outra metade foi colocada em cobertura. Por último foram colocadas as sementes de mamona na quantidade de três em cada cova e cobertas com uma camada de terra de 3,0 cm. Foi cultivada a mamona BRS 188 Paraguaçu no espaçamento de 2,0 m entre fileira e 1,5 m entre plantas, obtendo-se assim uma população de 3333 plantas por hectare.

Figura 3 - Cova de plantio com detalhe da colocação da adubação orgânica e do calcário



Fonte: Arquivo pessoal

### 5.3 Sistema de irrigação

Foi utilizado o sistema de irrigação por gotejamento formado por duas fileiras de mangueiras para cada linha de plantio (Figura 4), com gotejadores espaçados a cada 15,0 cm, o que dava uma quantidade de três emissores para cada planta. Um poço profundo com vazão máxima de  $5,0 \text{ m}^3 \text{ hora}^{-1}$  serviu de fonte de água para a irrigação. A bomba do poço abastecia o reservatório que mantinha uma pressão por diferença de nível até a área do experimento. O sistema de irrigação foi dividido em três setores (Figura 5), um para cada bloco, desta forma

pode-se administrar a diferença de pressão do sistema por conta da diferença de nível entre os blocos.

As vazões dos emissores foram 3,27, 3,90 e 5,25 L hora<sup>-1</sup> para o bloco 1, bloco 2 e bloco 3, respectivamente. O controle da quantidade de água a ser colocada foi calculado diariamente em função da evapotranspiração da cultura obtida por meio de informações disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia. A irrigação era mantida ligada apenas nos dias em que a quantidade de água presente no solo era insuficiente para a reposição da água perdida pela planta. Durante o período do experimento a quantidade irrigada foi de 1500 mm, o que dava um volume mensal de aproximadamente 300 mm. O início do ensaio coincidiu com o encerramento do período chuvoso na região, de forma que as precipitações registradas ocorreram exclusivamente no mês de maio do ano de 2014. Os eventos de chuvas bem como o volume das precipitações estão descritos na Figura 6. O volume de cada evento chuvoso foi determinado por meio de um pluviômetro de campo instalado dentro da área de plantio.

Figura 4 - Distribuição das mangueiras de gotejamento no campo



Fonte: Arquivo pessoal

Figura 5 - Esquema simplificado do sistema de irrigação adotado no experimento com duas mangueiras de gotejadores por cada linha de plantio

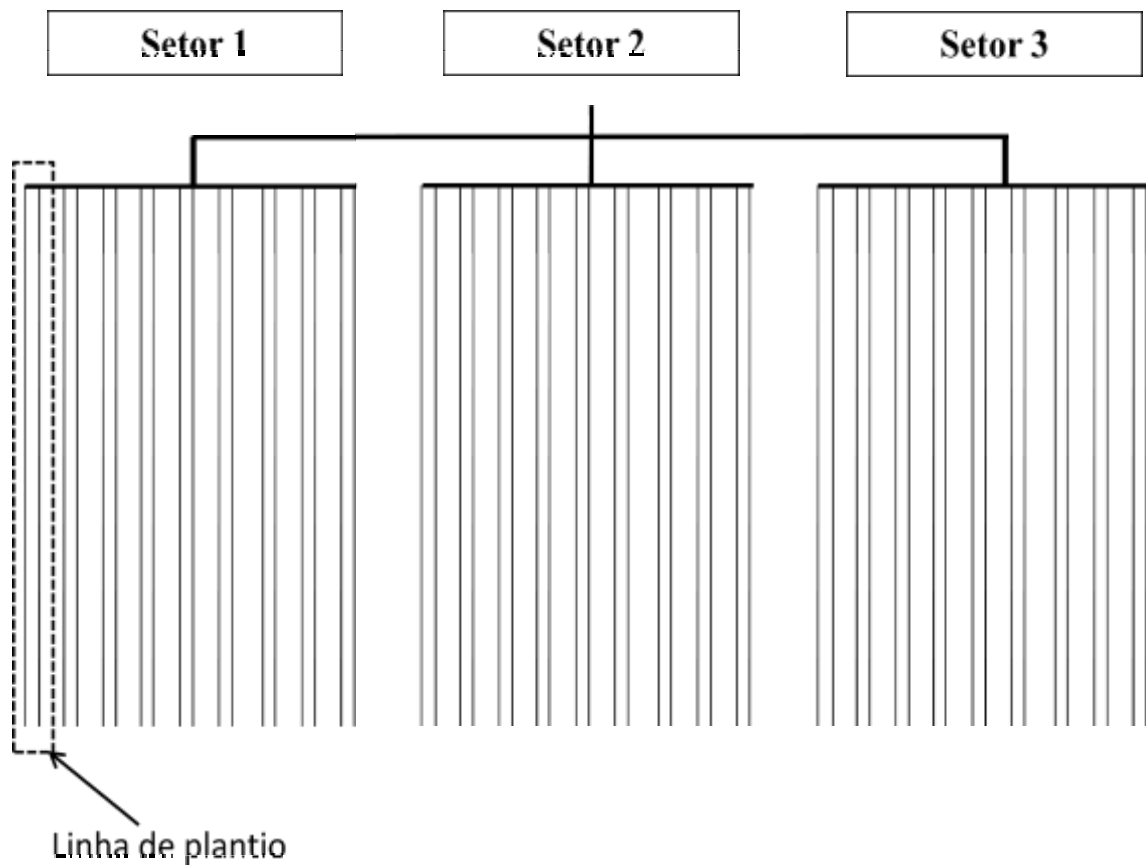
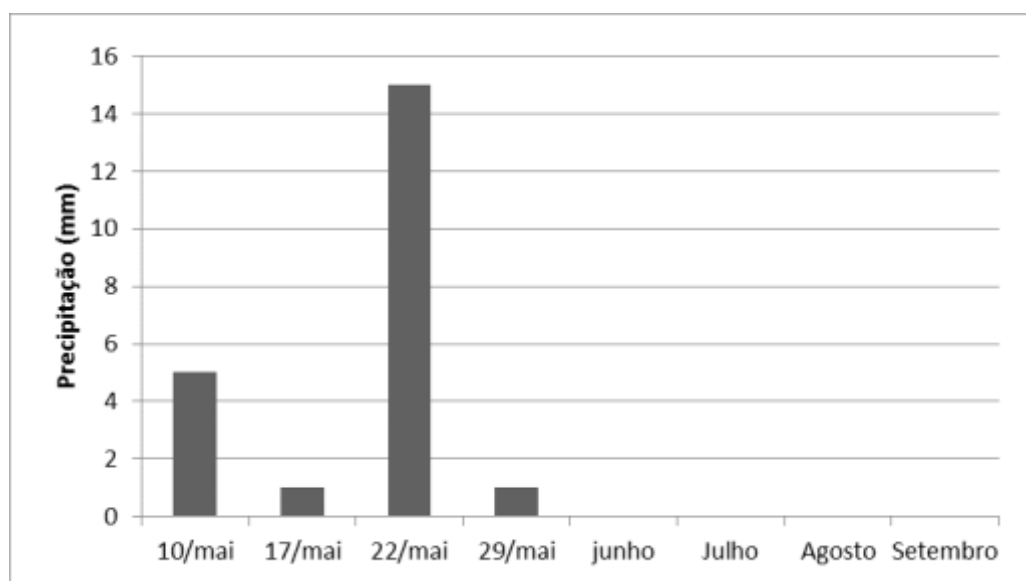


Figura 6 - Eventos de chuva e volume das precipitações durante o experimento





#### 5.4 Tratamentos e delineamento experimental

O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso (DBC) com três repetições em esquema fatorial 5x5, sendo cinco doses de adubo mineral (0, 75, 150, 225 e 300 kg ha<sup>-1</sup> de N:P:K na proporção 1:1:1) e cinco doses de adubo orgânico (0, 1,25, 2,50, 3,75 e 5,0 toneladas ha<sup>-1</sup> de torta de mamona composta) (Tabela 7). O número total de unidades experimentais foi de 75 (25 tratamentos com três repetições). Cada unidade experimental foi composta por um conjunto de 18 plantas divididas em três fileiras de seis plantas cada (Figura 7).

Figura 7 - Caracterização da parcela experimental

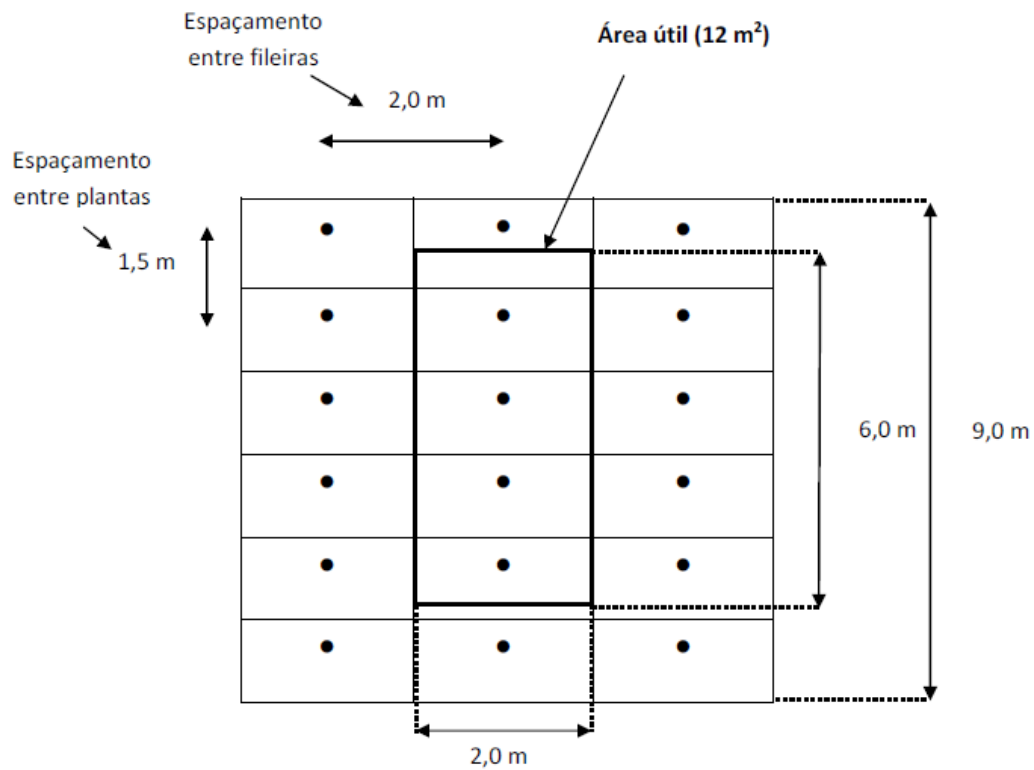


Tabela 7 - Esquema geral dos tratamentos usados no experimento

Doses do adubo Orgânico (toneladas ha <sup>-1</sup> )	Adubo Mineral ( kg ha <sup>-1</sup> de N+P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +K <sub>2</sub> O 1:1:1)				
	0	75	150	225	300
0	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0
1,25	0.1	1.1	2.1	3.1	4.1
2,50	0.2	1.2	2.2	3.2	4.2
3,75	0.3	1.3	2.3	3.3	4.3
5,00	0.4	1.4	2.4	3.4	4.4

As quantidades de adubo mineral adicionado ao solo foram: 0, 75, 150, 225 e 300 kg ha<sup>-1</sup> de N:P:K na proporção 1:1:1, referentes às doses 0, 1, 2, 3 e 4, respectivamente. As quantidades de adubo orgânico foram: 0, 1,25, 2,50, 3,75 e 5,0 toneladas ha<sup>-1</sup> de torta de mamona composta. Para a composição da adubação mineral foi utilizado o sulfato de amônio, como fonte nitrogenada, o super fosfato triplo, como fonte de fósforo e o cloreto de potássio, como fonte de potássio. Além disso, foi utilizado também o FTE e o calcário, como fonte de micronutrientes e corretivo do pH do solo, respectivamente, ambos em uma quantidade única para todos os tratamentos.

Para a adubação orgânica foi utilizada a torta de mamona composta, que era formada por 75,0 % de torta de mamona e 25,0 % de casca de mamona. As quantidades de cada tipo de adubo (mineral e orgânico) estão descritas na Tabela 8. No tratamento 0.0 não foi adicionado nenhum tipo de corretivo ou adubo no solo.

A distribuição da quantidade de adubo em cada cova de plantio foi feita a partir da divisão da quantidade de adubo pela quantidade de plantas por hectare. De posse do valor a ser colocado por planta o mesmo foi calibrado em recipiente plástico para facilitar o trabalho de campo. As quantidades de adubo mineral e orgânico por planta estão descritas na Tabela 8.

Tabela 8 - Quantidades do adubo mineral em  $\text{kg ha}^{-1}$  e do adubo orgânico em toneladas  $\text{ha}^{-1}$  para cada uma das doses

Adubo	Adubo Mineral				
	0	75	150	225	300
	----- $\text{kg ha}^{-1}$ -----				
Sulfato de Amônio	0,0	125,0	250,0	375,0	500
Super Fosfato Simples	0,0	56,8	113,6	170,5	227,3
Cloreto de potássio	0,0	41,7	83,3	125	166,7
FTE	0,0	16,7	16,7	16,7	16,7
Calcário	0,0	166,7	166,7	166,7	166,7
	Adubo Orgânico				
	0,00	1,25	2,50	3,75	5,00
	----- toneladas $\text{ha}^{-1}$ -----				
Torta de mamona composta	0,00	1,25	2,5	3,75	5,00

Tabela 9 - Quantidades do adubo mineral em  $\text{g planta}^{-1}$  e do adubo orgânico em  $\text{kg planta}^{-1}$  para cada uma das doses

Adubo	Adubo Mineral				
	0	75	150	225	300
	----- $\text{kg ha}^{-1}$ -----				
Sulfato de Amônio	0,0	37,5	75,0	112,5	150,0
Super Fosfato Simples	0,0	17,0	34,1	51,1	68,2
Cloreto de potássio	0,0	12,5	25,0	37,5	50,0
FTE	0,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Calcário	0,0	50,0	50,0	50,0	50,0
	Adubo Orgânico				
	0,00	1,25	2,50	3,75	5,00
	----- toneladas $\text{ha}^{-1}$ -----				
Torta de mamona composta	0,00	0,25	0,50	1,00	1,50

### 5.5 Caracterização do adubo orgânico

O adubo orgânico era formado por uma mistura de torta e casca de mamona na proporção de 3:1. Antes da instalação do experimento, foram tomadas e misturadas 10 subamostras da torta de mamona composta com o objetivo de se obter uma amostra representativa do volume total. A amostra foi levada ao laboratório onde foram determinados os macro e micronutrientes. O nitrogênio foi determinado por digestão sulfúrica seguida de destilação e titulação (Kjeldahl), enquanto que os demais nutrientes foram extraídos por método de digestão ácida a quente, em solução de ácido nítrico e ácido perclórico na proporção de 3:1.

Após digestão, o extrato foi diluído em água destilada em volume total de 50 ml e em seguida foi submetido a procedimentos analíticos para determinação dos nutrientes. O potássio foi determinado por fotometria de emissão de chama enquanto que o fósforo por colorimetria. Já o cálcio, o magnésio e os micronutrientes foram determinados por espectrometria de absorção atômica. A caracterização do composto orgânico utilizado encontra-se descrita na Tabela 10.

Tabela 10 - Macro e micronutrientes do adubo orgânico com 75% de torta de mamona e 25% de casca de mamona

N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn
----- g kg <sup>-1</sup> -----			----- mg kg <sup>-1</sup> -----					
45,4	6,9	19,6	12,4	5,9	431,9	13,6	92,1	46,4

### 5.6 Tratos culturais

Foi realizada capina com enxada manual do espaço das entrelinhas e entre as plantas na mesma linha aos 15 dias após o plantio. Em seguida, com o objetivo de se deixar apenas uma planta por cova, foi realizado o procedimento de desbaste. Uma a uma as plantas excedentes foram retiradas manualmente das covas com cuidado para que não danificasse a planta que iria permanecer no campo. O critério de seleção foi que a planta a permanecer no campo fosse a mais vigorosa. Um pouco mais tarde, aos 45 dias após o plantio, foi realizada a adubação de cobertura somente para as plantas cujos tratamentos apresentavam adubação mineral. Os adubos colocados no momento da cobertura foram o

sulfato de amônio e o cloreto de potássio. Ambos foram colocados a lanço no solo junto às plantas num raio a partir de 3,0 cm do caule da planta até uma distância não mais que 30,0 cm. Na ocasião da adubação de cobertura foi realizada também uma adubação foliar com ácido bórico, isto por conta de uma deficiência de boro apresentada pela maioria das plantas. O ácido bórico foi diluído em água numa quantidade de 200 g para cada 20,0 litros de água e pulverizado nas plantas com pulverizador costal. A dosagem aplicada de boro foi de 1,5 kg ha<sup>-1</sup> de ácido bórico. Na mesma semana, mas aos 47 dias após o plantio foi realizada pulverização, com bomba costal, do defensivo agrícola de nome comercial Lannat, na concentração de 850 ml ha<sup>-1</sup>. Esta aplicação foi necessária devido ao início de infestação por lagartas.

### 5.7 Análise foliar

Para determinação da quantidade de nutrientes extraídos pelas folhas da mamona foi feita análise do material vegetal. Foram coletadas de quatro a cinco folhas de cada planta da área útil aos 135 dias após o plantio, colocadas em sacos de papel e levadas ao laboratório. As folhas foram colocadas em estufa de circulação forçada de ar a 60°C e deixadas secar até que apresentassem peso constante. Em seguida o material vegetal foi processado em moinho de facas de aço inoxidável, tipo Willey, com peneira de 20 a 40 *mesh* (número de perfurações por polegada linear). Foram determinados os cátions trocáveis Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup> e K<sup>+</sup>, o ânion trocável H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>, o nitrogênio total (N) e os micronutrientes Fe, Zn, Mn e Cu. O Na<sup>+</sup> e o K<sup>+</sup> foram determinados por fotometria de emissão de chama e o H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> por colorimetria. O N foi determinado por destilação e titulação (Kjeldahl), enquanto que Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e os micronutrientes foram quantificados por espectrometria de absorção atômica.

### 5.8 Produção e produtividade

Para todas as avaliações realizadas foram levadas em consideração apenas as plantas da área útil, que era composta pelas quatro plantas da fileira central de cada parcela. Inicialmente foi determinado o número de racemos por planta aos 100 dias após o plantio. Após a maturação dos frutos do racemo primário foi determinado o número de frutos por racemo primário, o peso do racemo primário, o comprimento do racemo primário e o peso das

sementes do racemo primário. Mais tarde, com a maturação dos frutos dos racemos após o primário, foi determinado o peso dos racemos totais, o peso das sementes dos racemos totais, o peso de 100 sementes e a produtividade.

Em cada parcela foi contado o número de racemos de cada uma das plantas da área útil e feita uma média para se obter o número de racemos por planta. Após constatação de que pelo menos 70% dos frutos do racemo primário estavam secos, o mesmo foi coletado e em seguida deixado secar ao sol por uma semana. Depois deste período foi determinado o peso, o comprimento do racemo primário e o número de frutos do primário de cada planta da área útil da parcela. Em seguida foi feita a separação manual das sementes e determinado o peso das sementes do racemo primário.

Por conta da falta de uniformidade na maturação dos frutos da mamoneira, os racemos após o primário foram coletados à medida que iam amadurecendo e colocados em sacos devidamente identificados ao lado de suas respectivas plantas. Ao final do 150º dia após o plantio foi encerrada a operação de colheita por se constatar inviável a espera pela maturação dos frutos remanescentes. Os sacos com os racemos após o primário foram então deixados espalhados em área aberta por 15 dias para secagem. Após a secagem dos racemos os mesmos foram pesados. Logo em seguida foi feita a separação manual das sementes e determinado o seu peso.

Pela soma entre o peso das sementes dos racemos primários e ao peso das sementes dos racemos após o primário, obteve-se o peso total de sementes. O peso de 100 sementes foi determinado após homogeneização entre as sementes dos racemos primários e as sementes dos racemos após o primário da mesma parcela. Seguida à homogeneização foi separada manualmente e aleatoriamente uma porção de 100 sementes e pesada.

## **5.9 Análises estatísticas**

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, em esquema fatorial 5x5, sendo cinco quantidades de adubo mineral e cinco quantidades de adubo orgânico, com três repetições. Desta forma, a quantidade de unidades experimentais foi de 75.

Foi realizada análise de variância com auxílio do aplicativo computacional Sisvar., assim como análise de variância para as variáveis “produtividade”, “número de racemos por planta” e “peso de 100 sementes.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se interação significativa entre os fatores para as variáveis produtividade e número de racemos por planta, enquanto que para a variável “peso de 100 sementes” e para as demais variáveis relacionadas ao racemo primário, peso e comprimento do racemo primário, peso de sementes do racemo primário e número de frutos por racemo primário não houve interação significativa.

Na Tabela 11 estão descritos os valores de quadrados médios e na Tabela 12 os valores médios de produtividade, número de racemos por planta e peso de 100 sementes da mamona para cada tratamento. Pode-se verificar que a produtividade alcançada sem a adubação do solo, representado pelo valor correspondente à interseção entre a coluna 0,00 adubo orgânico e a linha 0,0 adubo mineral, foi de 1236,9 kg ha<sup>-1</sup> de sementes de mamona. Considerando que nesta área controle não foi aplicado nenhum tipo de corretivo e fertilizante, pode-se dizer que a produtividade alcançada foi devida à irrigação que promoveu o desenvolvimento da planta utilizando apenas a adubação residual do solo. Em comparação com a maior produtividade alcançada utilizando-se apenas adubo mineral como fonte de nutrientes, que foi de 1400 kg ha<sup>-1</sup>, verificou-se um aumento de 243,1 kg ha<sup>-1</sup> em comparação com a área controle. Já em comparação com a maior produtividade alcançada utilizando-se apenas adubo orgânico como fonte de nutrientes, que foi de 1753,6 kg ha<sup>-1</sup> de sementes, verificou-se um aumento de 516,7 kg em comparação com o tratamento controle. As maiores produtividades alcançadas foram obtidas nas parcelas cuja fonte de nutrientes foi uma combinação entre adubo mineral e o adubo orgânico, sendo que a combinação que refletiu a maior produtividade, 2465,3 kg ha<sup>-1</sup> de sementes, foi 150 kg ha<sup>-1</sup> de adubo mineral e 3,75 toneladas ha<sup>-1</sup> de adubo orgânico. A produtividade alcançada neste último tratamento superou o tratamento controle em 1228,4 kg.

Tabela 11 - Quadrados médios para as variáveis: produtividade (PRO), número de racemos por planta (RPP) e peso de 100 sementes (PCS).

Fonte de variação	Grau de Liberdade	Quadrado médio		
		PRO	RPP	PCS
AO	4	526337,347864**	7,796667**	11,611291ns
Reg. Linear	1	397922,218920**	1,500000ns	2,914854ns
Reg. Quadrática	1	1447933,074054**	7,242857**	5,65144ns
Reg. Cúbica	1	77179,928704*	3,375000*	19,961856ns
Reg. de 4º grau	1	182314,169780ns	19,068810**	17,917015ns
AM	4	1073855,073445**	36,332083**	12,497411ns
Reg. Linear	1	3791352,606042**	53,401667**	29,846321**
Reg. Quadrática	1	358015,914949**	6,171429**	0,958839ns
Reg. Cúbica	1	98346,468842ns	52,806667**	8,964593ns
Reg. de 4º grau	1	47705,303947ns	32,948571*	10,219893ns
Blocos	2	615631,780619**	5,657500*	30,944489ns
AO x AM	16	224928,883036**	3,738854*	7,967478ns
Resíduo	48	29946,999064	0,784236	6,553309
Total	74			
CV %		9,73	9,45	4,20

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade, \* Significativo ao nível de 5% de probabilidade, e ns, não significativo, pelo teste F.



Tabela 12 - Quadro auxiliar com valores médios de produtividade (kg ha<sup>-1</sup>), número de racemos por planta e peso de 100 sementes (g), de acordo com as quantidades de adubo orgânico, em toneladas ha<sup>-1</sup> e de adubo mineral em kg ha<sup>-1</sup>.

Adubo Mineral (kg ha <sup>-1</sup> )	Adubo Orgânico (tonelada ha <sup>-1</sup> )				
	0,00	1,25	2,5	3,75	5,00
	Produtividade (kg)				
0,0	1236,9	1475,0	1372,2	1508,6	1753,6
75,0	1426,4	1600,0	1500,0	2021,1	1959,2
150,0	1562,8	1617,8	1776,4	2465,3	2197,2
225,0	1480,0	1600,0	1500,0	2200,0	2200,0
300,0	1400,0	1462,0	2130,3	1955,3	1886,7
	Número de racemos por planta				
0,0	6,40	7,95	7,79	10,33	9,32
75,0	8,84	7,46	10,00	11,01	9,93
150,0	9,39	9,06	9,79	12,00	11,19
225,0	8,62	8,18	8,63	11,31	10,00
300,0	8,00	7,00	7,00	11,24	9,00
	Peso de 100 sementes (g)				
0,0	61,31	61,12	58,21	59,92	62,53
75,0	61,72	61,50	61,90	61,81	61,58
150,0	58,82	61,94	61,19	65,76	62,36
225,0	58,62	61,00	58,20	62,83	60,23
300,0	59,63	60,53	57,00	61,18	59,88

Na Figura 8 está descrito o modelo de regressão quadrática onde é avaliada a variação da produtividade em função da quantidade de adubo mineral adicionado ao solo sem a aplicação de qualquer quantidade de adubo orgânico. O valor do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para esta regressão foi de 0,96. Por meio da análise da equação de regressão pôde-se verificar que a mamona responde bem à adubação mineral até a quantidade aproximada de  $188,5 \text{ kg ha}^{-1}$  de adubo mineral, quando se pode conseguir uma produtividade de aproximadamente  $1556,0 \text{ kg ha}^{-1}$  de sementes de mamona. Por outro lado, quando se adiciona ao solo a quantidade de  $1,25$  toneladas  $\text{ha}^{-1}$  de adubo orgânico (Figura 9) chega-se a uma produtividade máxima de  $1633,40 \text{ kg ha}^{-1}$  com a aplicação no solo de  $150,43 \text{ kg ha}^{-1}$  de adubo mineral.

Na figura 10 é possível observar os valores de produtividade para a aplicação no solo de  $2,5$  toneladas  $\text{ha}^{-1}$  de adubo orgânico em função de diferentes quantidades de adubo mineral. Pela análise da equação de regressão foi possível verificar que o valor máximo de produtividade alcançada seria de  $1778,09 \text{ kg ha}^{-1}$  de sementes de mamona para uma quantidade de  $187,31 \text{ kg ha}^{-1}$  de adubo mineral. Em outra ocasião, quando se adicionou ao solo a quantidade de  $3,75$  toneladas  $\text{ha}^{-1}$  de adubo orgânico, verificou-se pela análise de regressão que a tendência seria se alcançar uma produtividade máxima de  $2372,27$  com aplicação conjunta ao solo de  $176,80 \text{ kg ha}^{-1}$  de adubo mineral (Figura 11). Para a quantidade máxima testada de  $5,0$  toneladas  $\text{ha}^{-1}$  de adubo orgânico foi possível verificar pela análise de regressão que a quantidade máxima de produtividade alcançada seria de  $2132,90 \text{ kg ha}^{-1}$  de sementes de mamona, para uma quantidade de  $172,96 \text{ kg ha}^{-1}$  de adubo mineral adicionado conjuntamente ao solo (Figura 12).

Diante dos resultados da análise de regressão para a variável produtividade é possível concluir que a adubação conjunta, mineral e orgânica, que possibilita a melhor resposta da mamoneira em quantidade de sementes por área é a combinação de  $3,75$  toneladas  $\text{ha}^{-1}$  de adubo orgânico com  $176,8 \text{ kg ha}^{-1}$  de adubo mineral.

Figura 8 - Regressão quadrática para os valores médios de produtividade, em kg ha<sup>-1</sup>, em função da quantidade de adubo mineral aplicado ao solo, sem a adição de adubo orgânico.

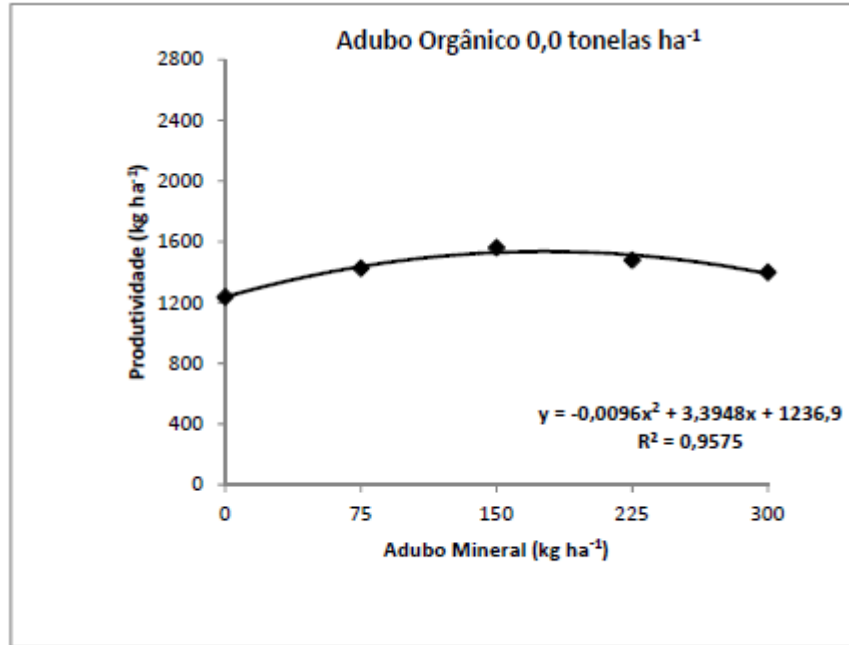


Figura 9 - Regressão quadrática para os valores médios de produtividade, em kg ha<sup>-1</sup>, em função da quantidade de adubo mineral aplicado ao solo, com a adição de 1,25 toneladas ha<sup>-1</sup> de adubo orgânico.

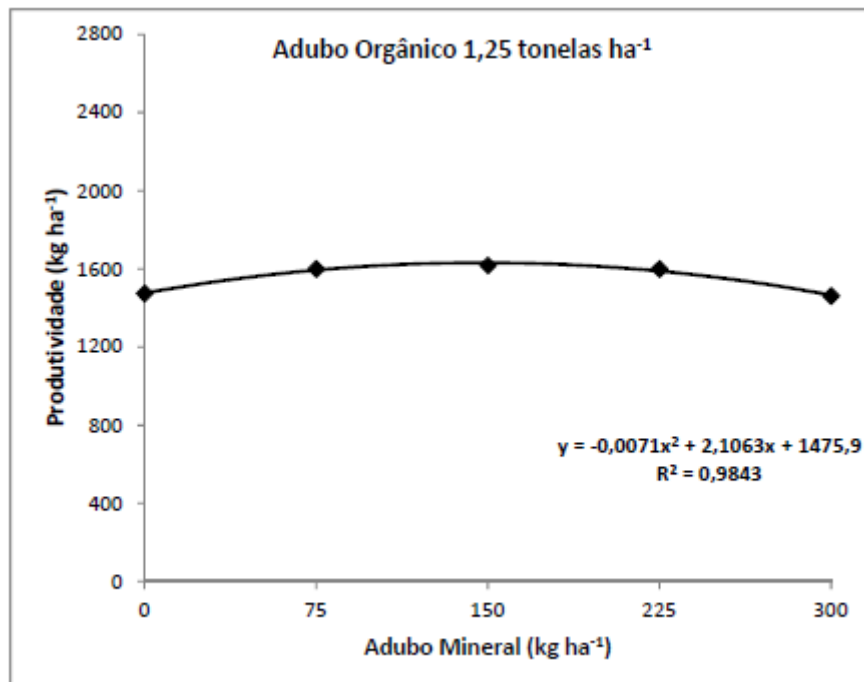


Figura 10 - Regressão quadrática para os valores médios de produtividade, em kg ha<sup>-1</sup>, em função da quantidade de adubo mineral aplicado ao solo, com a adição de 2,5 toneladas ha<sup>-1</sup> de adubo orgânico.

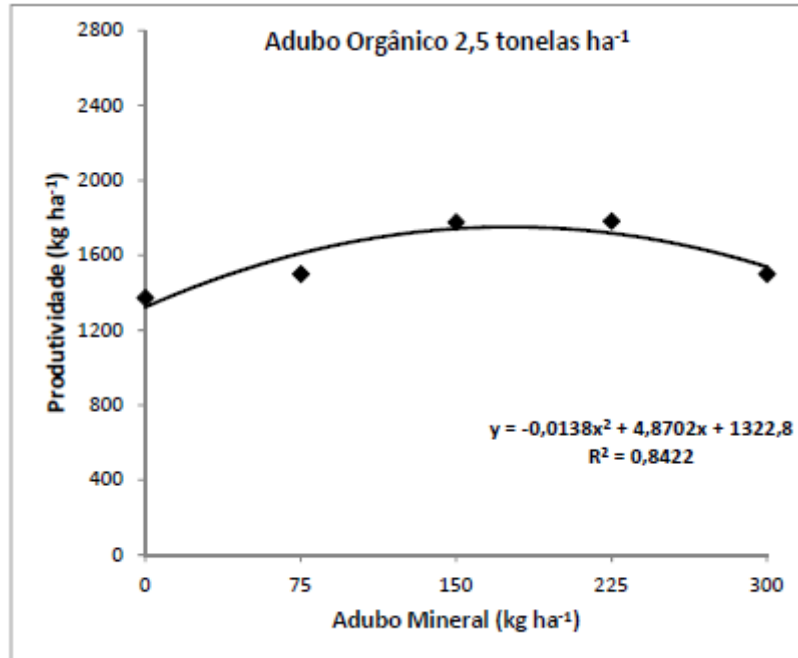


Figura 11 - Regressão quadrática para os valores médios de produtividade, em kg ha<sup>-1</sup>, em função da quantidade de adubo mineral aplicado ao solo, com a adição de 3,75 toneladas ha<sup>-1</sup> de adubo orgânico.

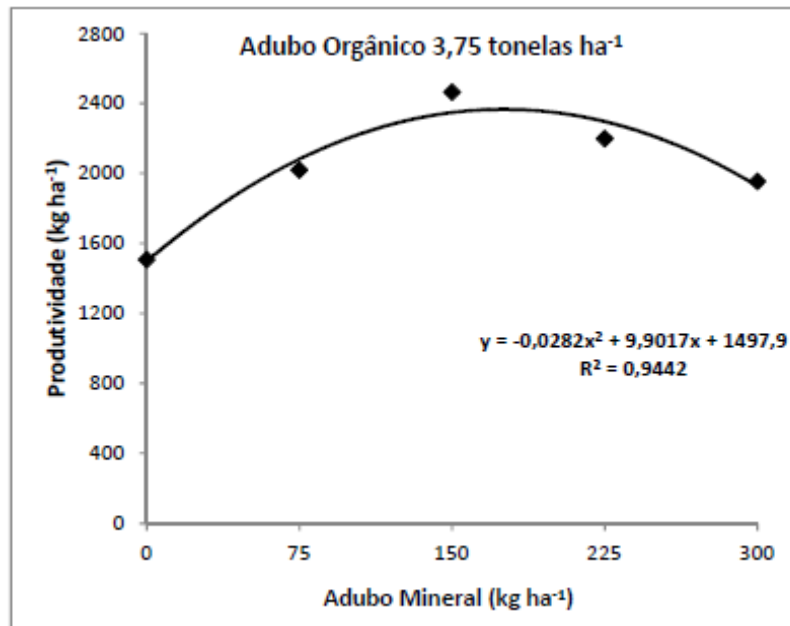
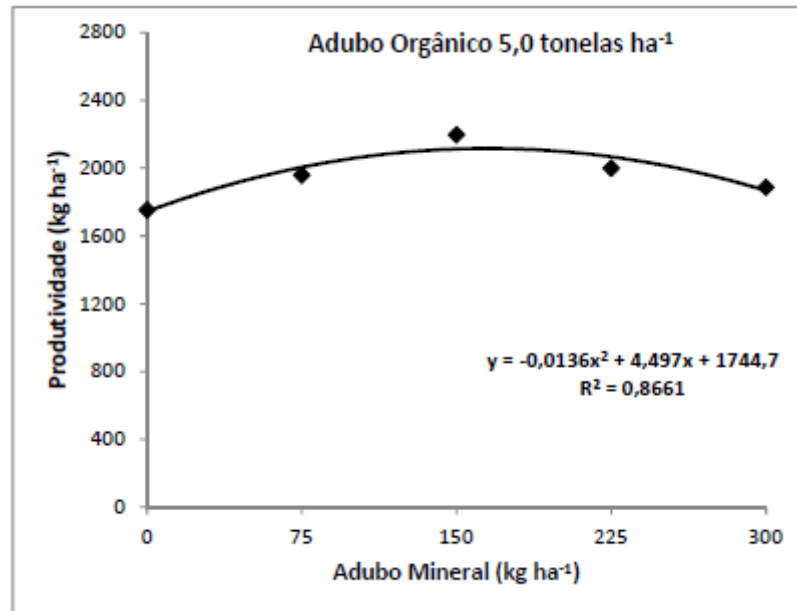


Figura 12 - Regressão quadrática para os valores médios de produtividade, em kg ha<sup>-1</sup>, em função da quantidade de adubo mineral aplicado ao solo, com a adição de 5,0 toneladas ha<sup>-1</sup> de adubo orgânico.



Com relação ao número de racemos por planta verifica-se que os maiores valores obtidos foram das parcelas cuja adubação era combinada, mineral e orgânica, com 3,75 toneladas ha<sup>-1</sup> de adubo orgânico somados a 150,0 kg ha<sup>-1</sup> de adubo mineral, sendo que o maior valor médio verificado foi de 12 racemos por planta (Tabela 12). É possível notar ainda que à medida que se aumenta a quantidade de adubo adicionado ao solo, a partir do valor dos valores tanto do adubo orgânico quanto do adubo mineral descritos anteriormente, verifica-se diminuição da quantidade de racemos por planta da mesma maneira que se verifica diminuição da produtividade.

Na Figura 13 é apresentado o modelo de regressão para o número de racemos por planta em função da adubação mineral sem a adição de qualquer quantidade de adubo orgânico. Verificou-se que a tendência para a obtenção da maior quantidade de racemos por planta para esta situação seria com a adição ao solo de 177,78 kg ha<sup>-1</sup> de adubo mineral, obtendo-se uma quantidade aproximada de 9,0 racemos por planta. Para a adição ao solo de 1,25 toneladas ha<sup>-1</sup> de adubo orgânico verificou-se pela análise de regressão que a tendência é a máxima quantidade de racemos por planta ser obtida com a adição conjunta de 130,0 kg ha<sup>-1</sup> de adubo mineral (Figura 14). Para a quantidade de 2,5 toneladas ha<sup>-1</sup> de adubo orgânico a tendência seria a obtenção máxima aproximada de 10,0 racemos por planta para

uma adição conjunta de  $140 \text{ kg ha}^{-1}$  de adubo mineral (Figura 15). Já para a adição de  $3,75$  toneladas  $\text{ha}^{-1}$  de adubo orgânico a produtividade máxima alcançada e apontada pela análise de regressão seria de  $11,53$  racemos por planta, para uma adição conjunta de  $175 \text{ kg ha}^{-1}$  de adubo mineral (Figura 16). Quando adicionou-se ao solo a quantidade de  $5,0$  toneladas  $\text{ha}^{-1}$  de adubo orgânico, que foi a máxima testado no experimento, verificou-se por meio da análise de regressão, que a quantidade máxima alcançada por planta seria em torno de  $10,62$  racemos (Figura 17).

Figura 13 - Regressão quadrática para os valores médios do número de racemos por planta, em função da quantidade de adubo mineral aplicado ao solo, sem a adição de adubo orgânico

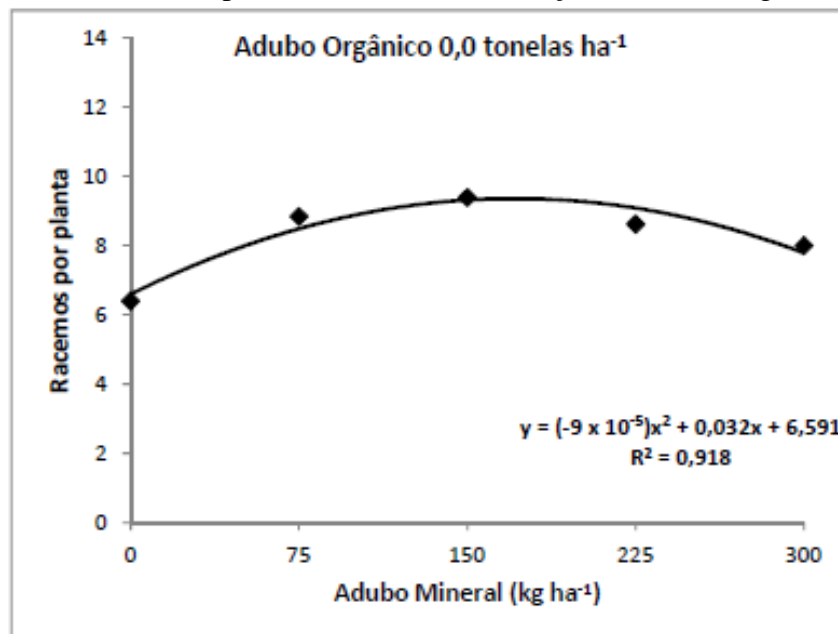


Figura 14 - Regressão quadrática para os valores médios do número de racemos por planta em função da quantidade de adubo mineral aplicado ao solo, com a adição de 1,25 toneladas  $\text{ha}^{-1}$  de adubo orgânico

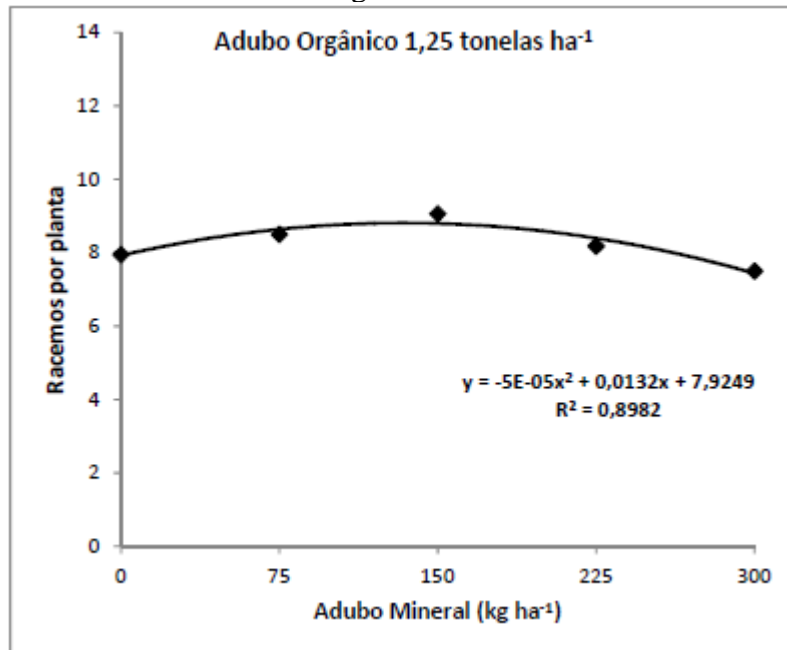


Figura 15 - Regressão quadrática para os valores médios do número de racemos por planta em função da quantidade de adubo mineral aplicado ao solo, com a adição de 2,5 toneladas  $\text{ha}^{-1}$  de adubo orgânico

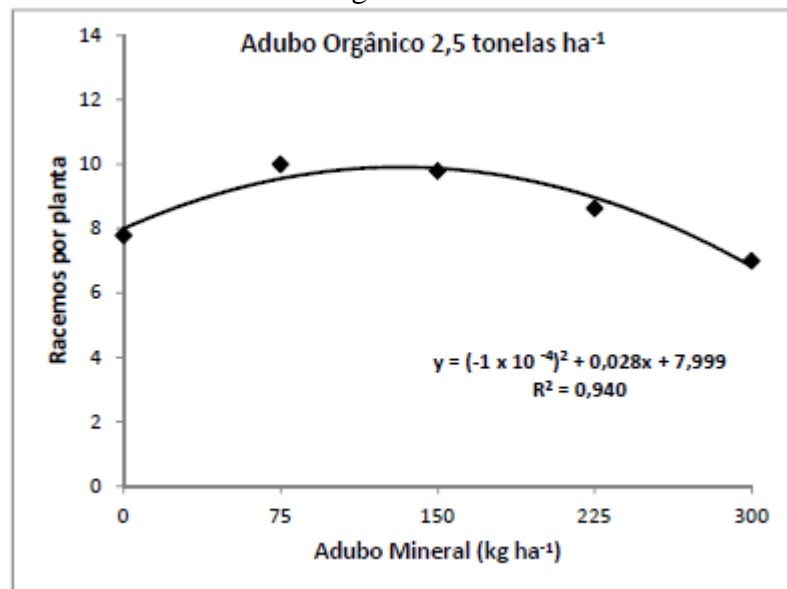


Figura 16 - Regressão quadrática para os valores médios do número de racemos por planta em função da quantidade de adubo mineral aplicado ao solo, com a adição de 3,75 toneladas  $\text{ha}^{-1}$  de adubo orgânico

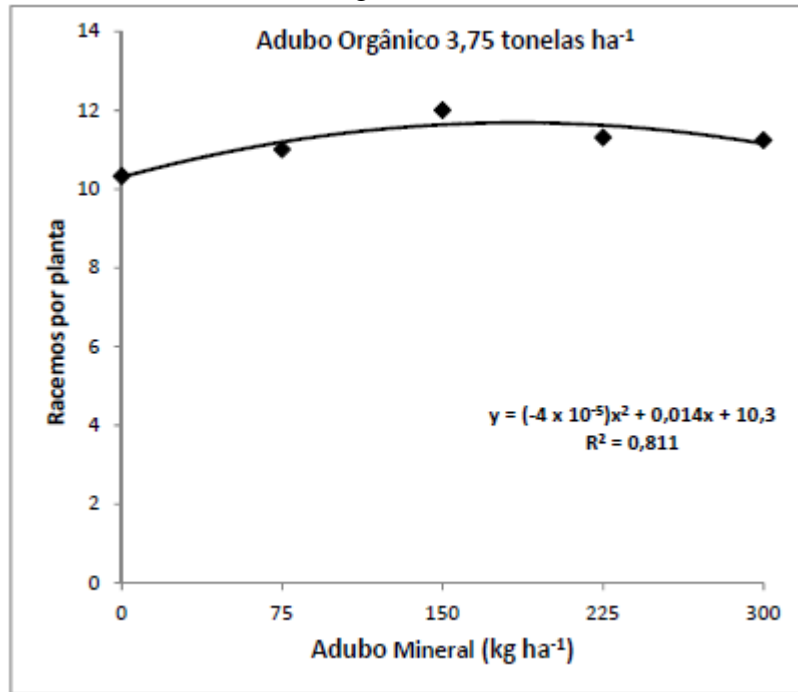
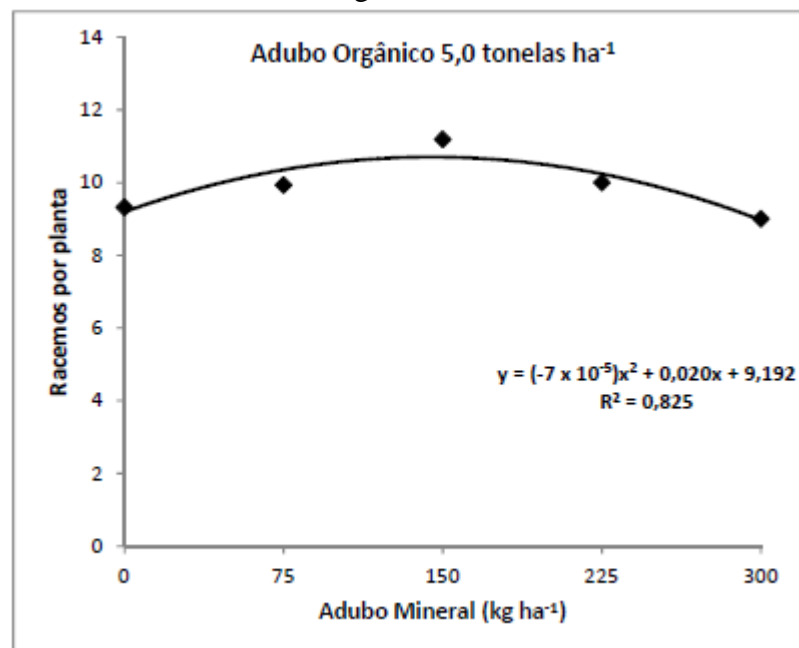


Figura 17 - Regressão quadrática para os valores médios do número de racemos por planta em função da quantidade de adubo mineral aplicado ao solo, com a adição de 5,0 toneladas  $\text{ha}^{-1}$  de adubo orgânico





Para o peso de 100 sementes, como mencionado anteriormente, não houve interação significativa entre os fatores adubação mineral e adubação orgânica, no entanto foi realizada análise de regressão para facilitar a comparação com a variável produtividade e com o número de racemos por planta. Para o efeito da adubação mineral sobre o peso de 100 sementes, sem a adição de qualquer quantidade de adubo orgânico, a regressão linear é apresentada na Figura 18. Verifica-se que a cada unidade de adubo mineral adicionado ao solo a variação em termos de produtividade é mínima ( $0,013 \text{ kg ha}^{-1}$ ).

Para a quantidade de  $1,25 \text{ toneladas ha}^{-1}$  de adubo orgânico adicionados ao solo a quantidade máxima de peso de 100 sementes que poderia atingir a cultura da mamona seria de  $61,62$  gramas, quando adicionados ao solo conjuntamente uma quantidade de  $112,5 \text{ kg ha}^{-1}$  de adubo mineral (Figura 19). Quando no solo foi adicionada a quantidade de  $2,5$  toneladas  $\text{ha}^{-1}$  o valor máximo tendência para  $62,22$  gramas de sementes por cada 100 unidades, com uma aplicação conjunta de  $185,0 \text{ kg ha}^{-1}$  de adubo mineral (Figura 20). Já para uma adição de  $3,75$  toneladas  $\text{ha}^{-1}$  de adubo orgânico verificou-se uma tendência de valor máximo de  $67,71$  gramas por 100 sementes, com a adição conjunta de  $285 \text{ kg ha}^{-1}$  de adubo mineral (Figura 21).

Para o valor máximo de adubação orgânica testado no experimento,  $5,0$  toneladas  $\text{ha}^{-1}$ , verificou-se por meio da regressão linear, que foi a que mais se ajustou, que a cada  $\text{kg}$  de adubo mineral adicionado ao solo o ganho em produtividade era de apenas  $0,008 \text{ kg}$  de sementes de mamona por área de plantio (Figura 22).

Os resultados obtidos tanto para o número de racemos por planta, quanto para a produtividade evidenciam uma relação direta entre estas duas variáveis. Pela observação dos dados apresentados na Tabela 12 pode-se afirmar que a maior contribuição para a produtividade da mamona é o número de racemos por planta, que aumentou a quantidade de sementes por área de plantio.

Figura 18 - Regressão linear para os valores médios do peso de 100 sementes em função da quantidade de adubo mineral aplicado ao solo, sem a adição de adubo orgânico

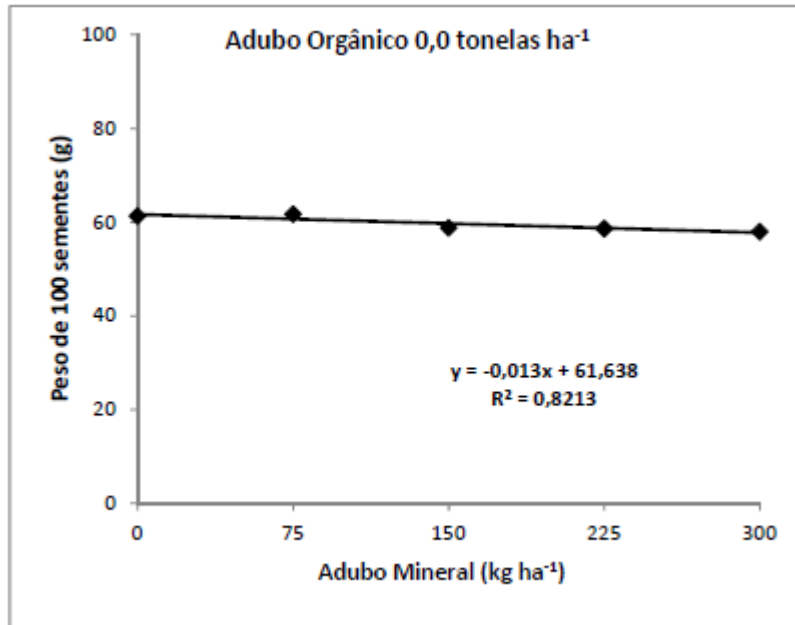


Figura 19 - Regressão quadrática para os valores médios do peso de 100 sementes em função da quantidade de adubo mineral aplicado ao solo, com a adição de 1,25 toneladas ha<sup>-1</sup> de adubo

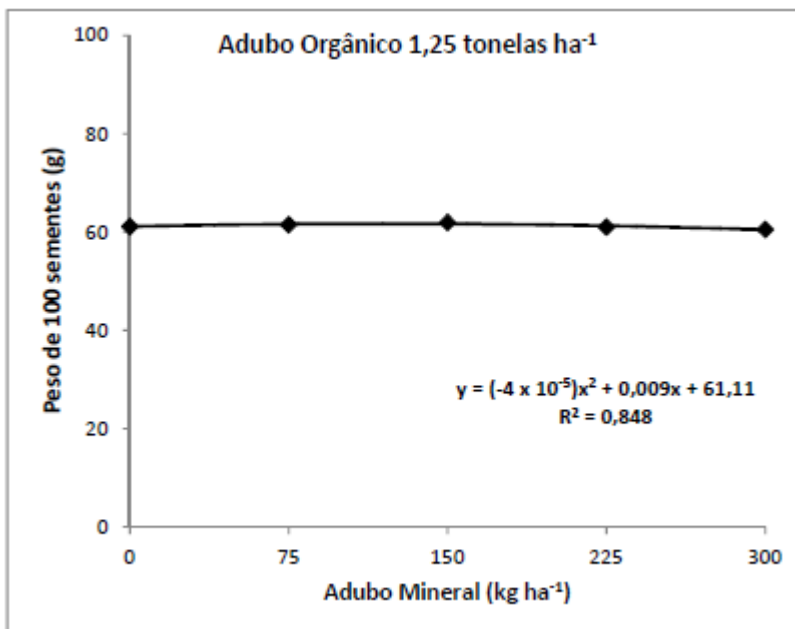


Figura 20 - Regressão quadrática para os valores médios do peso de 100 sementes em função da quantidade de adubo mineral aplicado ao solo, com a adição de 2,5 toneladas  $\text{ha}^{-1}$  de adubo orgânico

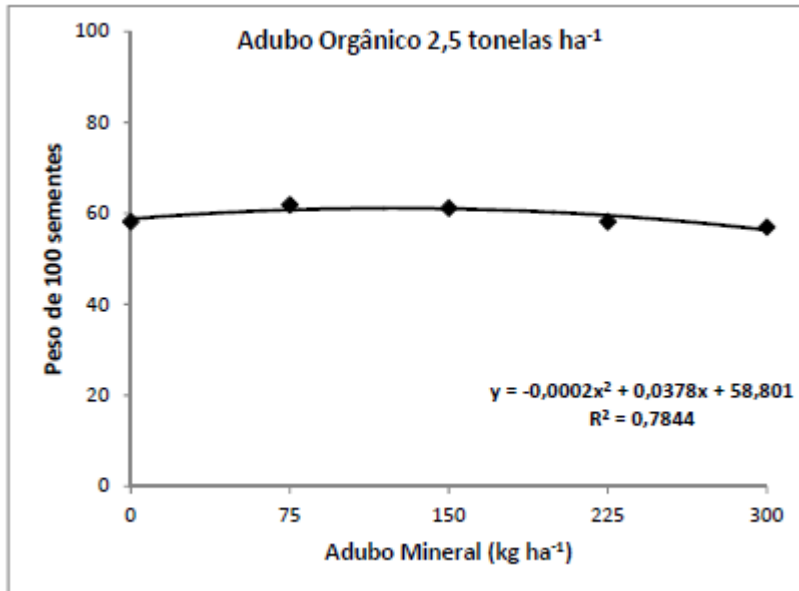


Figura 21 - Regressão quadrática para os valores médios do peso de 100 sementes em função da quantidade de adubo mineral aplicado ao solo, com a adição de 3,75 toneladas  $\text{ha}^{-1}$  de adubo orgânico

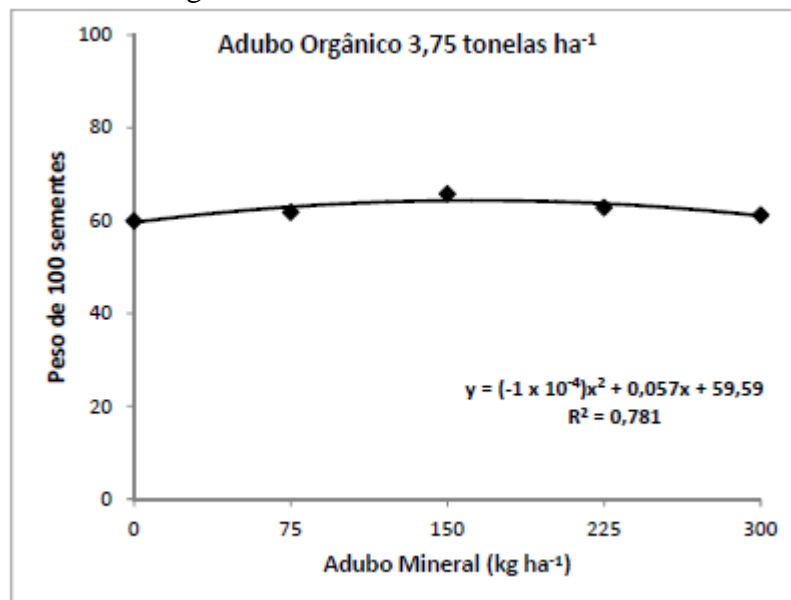
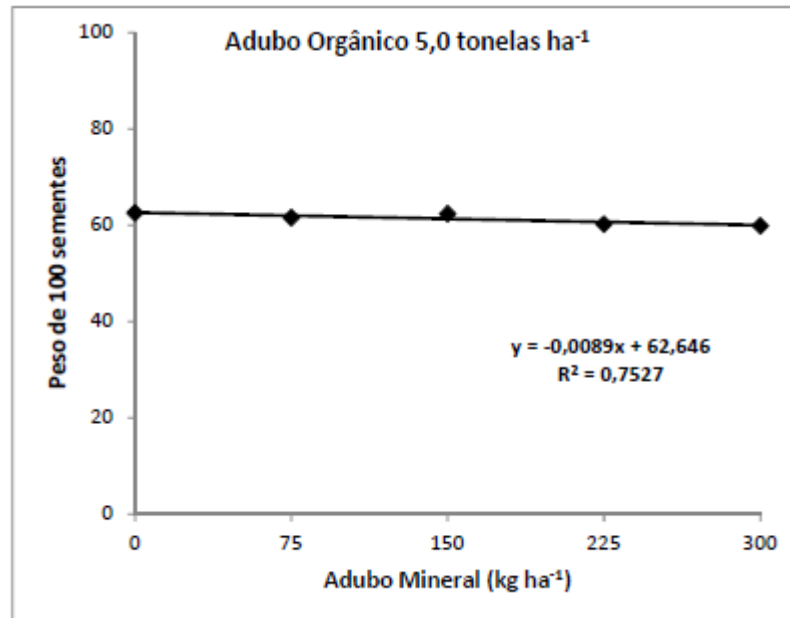


Figura 22 - Regressão linear para os valores médios do peso de 100 sementes em função da quantidade de adubo mineral aplicado ao solo, com a adição de 5,0 toneladas  $\text{ha}^{-1}$  de adubo orgânico e



Na Tabela 13 é apresentado o resumo da análise de variância para as variáveis: peso do racemo primário, peso de sementes do racemo primário e número de frutos por racemo primário. Já na Tabela 14 são apresentados os valores médios para estas variáveis de acordo com a adubação orgânica e mineral adicionadas ao solo.

Na Figura 23 estão descritos os modelos de regressão linear para o peso do racemo primário para as adubações 0,00, 1,25 e 2,5 toneladas  $\text{ha}^{-1}$  de adubo orgânico. É possível notar que os tratamentos que receberam a adubação orgânica foram superiores ao tratamento controle. Para a adubação com 1,25 toneladas  $\text{ha}^{-1}$  de adubo orgânico verificou-se que a tendência linear é de aumento de 0,17 gramas o peso do racemo primário a cada aumento de 1,0  $\text{kg ha}^{-1}$  de adubo mineral. Enquanto que para a adubação com 2,5 toneladas  $\text{ha}^{-1}$  de adubo orgânico o aumento é de 0,07 gramas o peso do racemo primário a cada aumento de 1,0  $\text{kg}$  de adubo mineral.

Na Figura 24 estão descritas as regressões lineares para o peso do racemo primário em função da adubação mineral combinada com 3,75 e 5,0 toneladas  $\text{ha}^{-1}$  de adubo orgânico, assim como a linha de tendência para o tratamento controle, sem a adição de adubo orgânico. Para a adição de 3,75 toneladas  $\text{ha}^{-1}$  de adubo orgânico a tendência linear foi de aumento de 0,20 gramas no peso do racemo primário a cada aumento de 1,0  $\text{kg ha}^{-1}$  de adubo mineral, enquanto que para a adubação com 5,0 toneladas  $\text{ha}^{-1}$  de adubo orgânico a tendência

foi de aumento linear de 0,17 gramas a cada aumento de 1,0 kg ha<sup>-1</sup> de adubo mineral.

Figura 23 - Regressão linear para os valores médios do peso do racemo primário em função da quantidade de adubo mineral aplicado ao solo, com a adição de 1,25 toneladas ha<sup>-1</sup> e de 2,5 toneladas ha<sup>-1</sup> de adubo orgânico e sem a adição de adubo orgânico

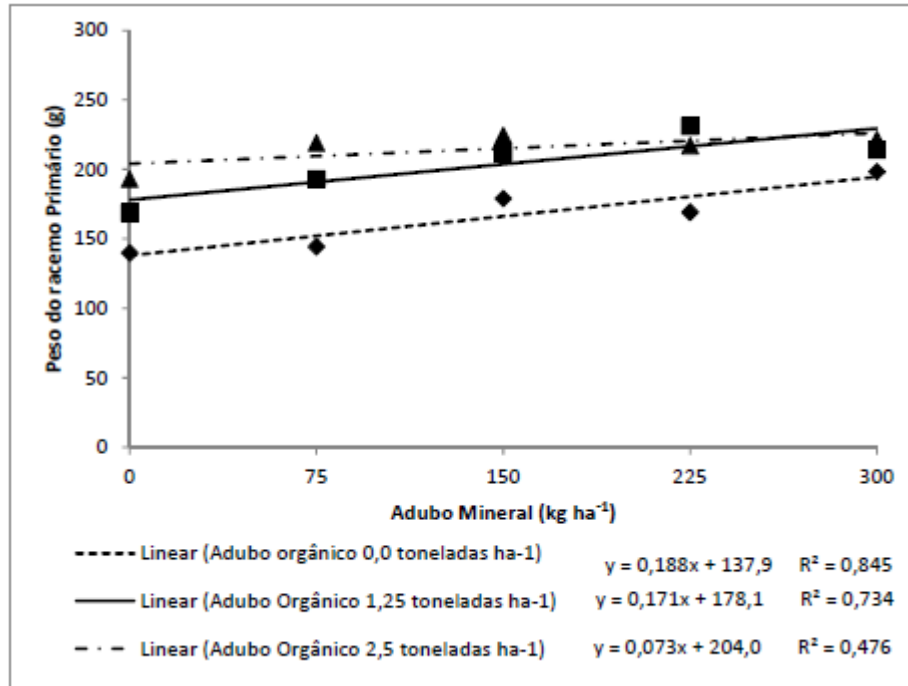
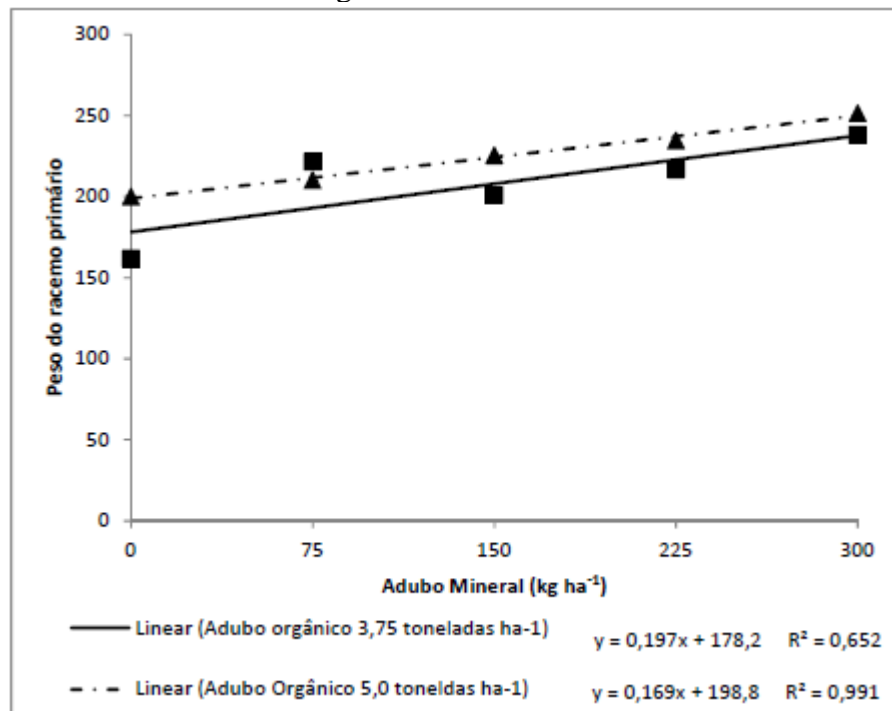


Figura 24 - Regressão linear para os valores médios do peso do racemo primário em função da quantidade de adubo mineral aplicado ao solo, com a adição de 3,75 toneladas ha<sup>-1</sup> e de 5,0 toneladas ha<sup>-1</sup> de adubo orgânico



Na Figura 25 são apresentados os modelos de regressão linear para o número de frutos por racemo em função da adubação mineral combinadas com a adubação orgânica com 0,00, 1,25 e 2,5 toneladas  $\text{ha}^{-1}$  de adubo orgânico. Verifica-se que para a adubação com 1,25 toneladas  $\text{ha}^{-1}$  de adubo orgânico o aumento do número de frutos do racemo primário é de 0,061 vezes para cada aumento de 1,0  $\text{kg ha}^{-1}$  de adubo mineral, enquanto que para a adubação com 2,5 toneladas  $\text{ha}^{-1}$  de adubo orgânico o aumento é de 0,024 vezes.

Na Figura 26 estão descritas as regressões para o número de frutos por racemo primário de acordo com a adubação mineral combinada com 3,75 e 5,0 toneladas  $\text{ha}^{-1}$  de adubo orgânico, assim como a linha de tendência para o tratamento controle, sem a adição de adubo orgânico. Para a adição de 3,75 toneladas  $\text{ha}^{-1}$  de adubo orgânico no solo a tendência aumento do número de racemos por planta é de 0,068 vezes a cada aumento de 1,0  $\text{kg ha}^{-1}$  de adubo mineral, enquanto que para a adubação com 5,0 toneladas  $\text{ha}^{-1}$  de adubo orgânico a tendência de aumento é de 0,059 vezes.

Figura 25 - Regressão linear para os valores médios do número de frutos do racemo primário em função da quantidade de adubo mineral aplicado ao solo, com a adição de 1,25 toneladas  $\text{ha}^{-1}$  e de 2,5 toneladas  $\text{ha}^{-1}$  de adubo orgânico e sem a adição de adubo orgânico

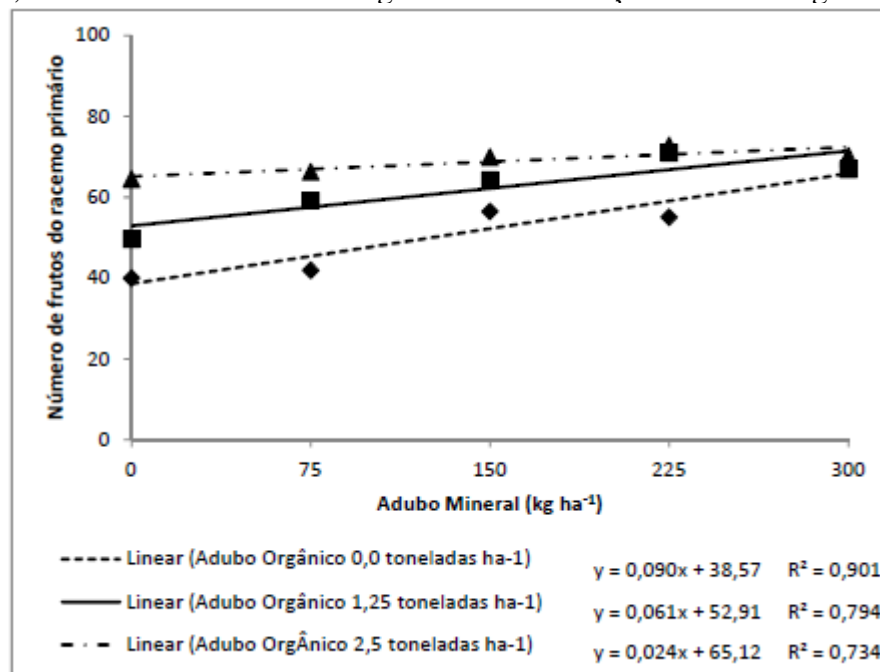
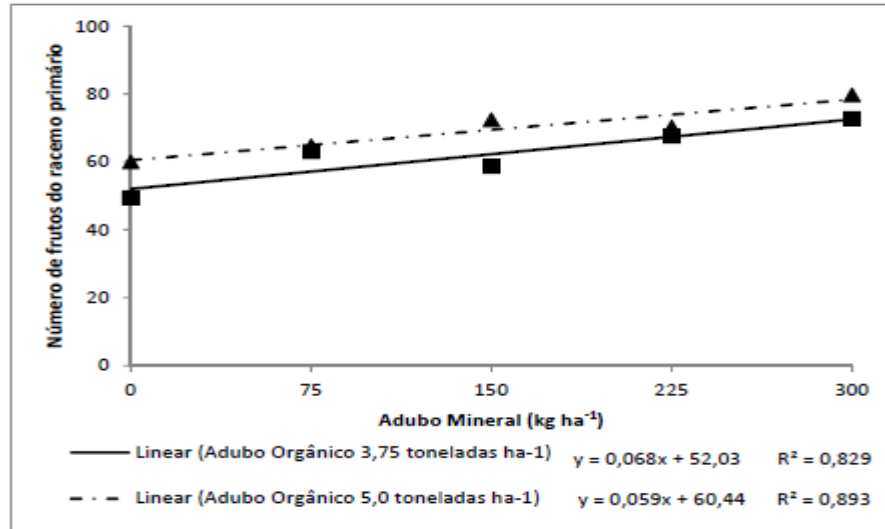


Figura 26 - Regressão linear para os valores médios do número de frutos do racemo primário em função da quantidade de adubo mineral aplicado ao solo, com a adição de 3,75 toneladas  $\text{ha}^{-1}$  e de 5,0 toneladas  $\text{ha}^{-1}$  de adubo orgânico e sem a adição de adubo orgânico



O racemo primário da mamoneira é um importante índice para a previsão da produtividade final. Neste sentido o peso das sementes do racemo primário pode refletir no peso das sementes ao final da colheita da mamona. A maturação do racemo primário aconteceu, em média, aos 100 dias após o plantio. Até este momento, os nutrientes, principalmente do adubo orgânico, ainda não tinham sido disponibilizados para a planta na sua totalidade, o que pode explicar a falta de resposta à interação dos fatores de adubação para as variáveis de produção ligadas ao racemo primário da mamoneira, diferentemente das variáveis de produção ligadas aos racemos totais.

O número de frutos do racemo da mamoneira varia de acordo com a variedade e está relacionado diretamente com a quantidade de flores femininas presentes no racemo. O número de flores femininas pode estar ligado à genética da planta, já que existem na natureza plantas de mamona com racemos que apresentam apenas flores femininas, mas os fatores ambientais e de manejo são os que mais determinam a quantidade de flores femininas no racemo da mamoneira. Os fatores ambientais que mais contribuem para a presença de flores femininas são a temperatura e a umidade. Plantas de mamona sujeitas a elevadas temperaturas e sob estresse hídrico tendem a apresentar maior quantidade de flores masculinas em seus racemos (BERTOZZO, et al., 2011). Neste experimento, as condições de umidade do solo foram mantidas ideais, o que permitiu o bom desenvolvimento de flores femininas, cobrindo assim mais de 50 % da área dos racemos.

Tabela 13 - Resumo da análise de variância para as variáveis: peso do racemo primário (PRP), peso de sementes do racemo primário (PSRP) e número de frutos por racemo primário (FRP).

Fonte de variação	Grau de Liberdade	Quadrado médio		
		PRP	PSRP	FRP
AO	4	2615,130771*	1022,860758*	429,108027*
Reg. Linear	1	10358,415332**	3451,201763**	1623,066735**
Reg. Quadrática	1	17,333843ns	44,038212ns	39,073063ns
Reg. Cúbica	1	2,220419ns	421,402313ns	28,311317ns
Reg. de 4º grau	1	82,553489ns	174,800746ns	25,980992ns
AM	4	7112,172431**	1624,986013**	693,083983**
Reg. Linear	1	23198,529267**	5703,1391**	1886,235767**
Reg. Quadrática	1	586,392868ns	197,039703ns	37,226226ns
Reg. Cúbica	1	4069,010313*	407,550384ns	459,083391ns
Reg. de 4º grau	1	594,757278ns	192,214864ns	389,790548ns
Bloco	2	9535,693956**	1317,960083*	686,883936*
AO x AM	16	1047,032535ns	321,873002ns	98,820331ns
Resíduo	48	965,012379	309,346859	137,349647
Total	74			
CV %		14,99	16,31	18,24



Tabela 14 - Quadro auxiliar com valores médios do peso do racemo primário (g), peso de sementes do racemo primário e número de frutos do racemo primário, de acordo com as quantidades de adubo orgânico, em toneladas ha-1 e adubo mineral, em kg ha-1.

Adubo Mineral (kg ha <sup>-1</sup> )	Adubo Orgânico (tonelada ha <sup>-1</sup> )					Média
	0,00	1,25	2,5	3,75	5,00	
Peso do racemo primário (g)						
0,0	181,11	168,94	193,03	161,75	251,58	191,28
75,0	144,47	193,19	219,08	221,58	210,14	197,69
150,0	179,17	211,50	224,39	200,83	225,50	208,28
225,0	169,33	231,25	217,14	216,83	234,58	213,83
300,0	198,42	214,17	221,50	238,25	252,50	224,77
Peso de sementes do racemo primário (g)						
0,0	91,03	86,67	96,19	82,50	133,17	97,91
75,0	77,89	100,28	119,33	111,75	112,36	104,32
150,0	94,67	106,36	117,39	110,42	118,11	109,39
225,0	87,50	113,92	109,81	114,50	110,33	107,21
300,0	110,75	114,00	119,08	130,75	127,67	120,45
Número de frutos por racemo primário						
0,0	54,86	49,64	64,47	49,42	77,25	59,13
75,0	41,94	59,19	66,28	63,00	64,75	59,03
150,0	56,50	64,19	69,92	58,67	72,39	64,33
225,0	55,08	71,00	72,83	67,58	70,25	67,35
300,0	67,50	66,92	70,25	72,75	79,67	71,42

Na Tabela 15 é apresentado o resumo da análise de variância para os macros e micronutrientes determinados na folha de mamona. Dentre os nutrientes o único cujos valores médios apresentaram diferenças significativas para os fatores foi o fósforo. A amostragem do material vegetal pela retirada de parte das folhas das plantas (quatro folhas das plantas da área útil de cada parcela) foi realizada aos 135 dias após a semeadura (DAS), em um período diferente do apontado por Malavolta (1997), que seria no momento imediatamente anterior ao florescimento. A escolha do período pós florescimento foi devido aos resultados obtidos por Neto et al. (2012), que constaram redução da produtividade da mamoneira quando submetida a níveis de desfolha a partir de 20 %. Por conta do período de amostragem, muitas folhas já se encontravam no início do processo de senescência, o que influenciou na quantidade dos macronutrientes extraídos. O fósforo foi o único nutriente cujos valores médios apresentaram diferenças significativas para as quantidades dos dois tipos de adubos. Isto provavelmente se deve ao fato de que após o período de frutificação o P é único elemento que é absorvido até o final da cultura (NASCIMENTO et al., 2012).

Na Tabela 16 estão descritos os valores médios dos macros e micronutrientes extraídos da folha de mamona de acordo com as diferentes quantidades do adubo mineral adicionado ao solo. È possível notar que o fósforo foi o único elemento cujos valores médios apresentaram diferenças significativas entre si, sendo que o tratamento que proporcionou maior valor foi o que teve adubação com  $300 \text{ kg ha}^{-1}$  de adubo mineral. Já na Tabela 17 estão descritos os valores médios para os macros e micronutrientes extraídos da folha de mamona para as diferentes quantidades de adubo orgânico adicionado ao solo. Verifica-se que assim como para o adubo mineral, o fósforo foi o elemento único cujas médias apresentaram diferenças significativas entre si. Para esta variável, a quantidade de adubo orgânico que proporcionou os maiores valores extraídos na folha de mamona foi  $5,0 \text{ toneladas ha}^{-1}$ .

Tabela 15 - Resumo da análise de variância para as variáveis nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), ferro (Fe), zinco (Zn) e manganês (Mn) extraídos da folha de mamona

Fonte de variação	Grau de Liberdade	Quadrado médio							
		N	p	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Mn
AO	4	5,11111ns	0,11659*	17,28533 ns	4,16281 ns	0,00992ns	0,00213ns	0,60589ns	0,00832ns
Reg. Linear	1	0,478923ns	0,430316**	43,0944ns	0,001368ns	0,003345ns	0,000078ns	0,00006n	0,006857
Reg. Quadrática	1	1,251801ns	0,000726ns	19,26171ns	0,468216ns	2,183871ns	0,002017ns	0,000072ns	0,002866
Reg. Cúbica	1	17,07378ns	0,014255ns	5,684267ns	12,085ns	0,000189ns	0,001897ns	0,000112ns	0,000874
Reg. de 4º grau	1	1,639938ns	0,02106ns	1,100952ns	4,096669ns	0,194235ns	0,003552ns	0,000004ns	0,022685
AM	4	3,66125ns	0,10877*	6,84267 ns	3,12382ns	0,01744ns	0,00354ns	3,46251ns	0,00082ns
Reg. Linear	1	12,52964ns	0,318552**	0,0864ns	0,224561ns	2,760445ns	0,000078ns	0,00006ns	0,00087ns
Reg. Quadrática	1	0,388191ns	0,009277ns	5,248762ns	0,847505ns	0,029607ns	0,002017ns	0,000072ns	0,000762ns
Reg. Cúbica	1	0,11128ns	0,0661ns	13,62027ns	6,843287ns	1,106042ns	0,001897ns	0,000112ns	0,001616ns
Reg. de 4º grau	1	1,615884ns	0,041131ns	8,415238ns	4,579912ns	0,147457ns	0,003552ns	0,000004ns	0,000045ns
AO x AM	16	5,67012ns	0,02420ns	8,78800ns	6,48381ns	0,00414ns	0,00168ns	1,66144ns	0,00450ns
Tratamentos	24	5,24214ns	0,05369ns	9,88000ns	5,53698ns	0,00732ns	0,00207ns	1,78569ns	0,00452ns
Bloco	2	38,97878**	0,86800**	122,39573**	44,43165**	0,03354*	0,08087**	2,97683ns	0,11557**
Resíduo	48	3,99774	0,03800	6,90907	6,95658	0,00837	0,00197	1,19381	0,00531
Total	74								
CV %		7,38	9,57	12,82	15,66	21,34	17,99	39,11	17,30

Tabela 16 - Quadro auxiliar com valores médios de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), ferro (Fe), zinco (Zn) e manganês (Mn) extraídos da folha de mamona de acordo com diferentes quantidades de adubo mineral adicionadas ao solo

	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn
Adubo Mineral (kg ha <sup>-1</sup> )	g kg <sup>-1</sup>			mg kg <sup>-1</sup>				
0,0	26,85 a	1,93 b	18,67 a	16,53 a	3,31 a	218,5 a	407,9 a	26,85 a
75,0	27,49 a	1,98 ab	20,53 a	17,21 a	3,07 a	248,3 a	434,1 a	27,36 a
150,0	27,19 a	2,06 ab	21,31 a	17,31 a	2,82 a	226,6 a	385,8 a	23,81 a
225,0	26,25 a	2,05 ab	20,83 a	16,07 a	3,05 a	235,5 a	437,9 a	22,64 a
300,0	27,75 a	2,16 a	21,20 a	17,09 a	3,29 a	228,4 a	439,8 a	26,05 a

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

Tabela 17 - Quadro auxiliar com valores médios de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), ferro (Fe), zinco (Zn) e manganês (Mn) extraídos da folha de mamona de acordo com diferentes quantidades de adubo orgânico adicionadas ao solo

	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn
Adubo Orgânico (tonelada ha <sup>-1</sup> )	g kg <sup>-1</sup>			mg kg <sup>-1</sup>				
0,00	26,68 a	1,99 ab	20,03 a	17,07 a	2,94 a	232,0 a	433,2 a	26,20 a
1,25	26,56 a	1,92 b	20,93 a	16,25 a	2,84 a	208,2 a	414,2 a	32,27 a
2,50	27,26 a	2,06 ab	21,36 a	17,36 a	3,01 a	232,1 a	418,5 a	26,04 a
3,75	27,25 a	2,09 ab	19,68 a	17,03 a	3,45 a	244,3 a	422,5 a	20,81 a
5,00	27,28 a	2,13 a	20,53 a	16,49 a	3,31 a	240,8 a	417,0 a	21,37 a

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

Os resultados não significativos obtidos para a concentração dos nutrientes na folha indica efeito da diluição dos elementos no crescimento do tecido vegetal. À medida que a planta cresce os nutrientes absorvidos são demandados para composição das novas células e assim a concentração no tecido foliar permanece a mesma, independente da adubação.

## 7 CONCLUSÕES

1 O maior valor de produtividade verificado para a mamoneira BRS 188 Paraguaçu foi de 2465,3 kg ha<sup>-1</sup>, correspondente à adubação com 3,75 tonelada ha<sup>-1</sup> de adubo orgânico e 150,0 kg ha<sup>-1</sup> de adubo mineral.

2 Os valores médios de produtividade da mamoneira BRS 188 Paraguaçu apresentam tendência de crescimento polinomial em função das quantidades de adubo mineral, sob uma adubação orgânica com 3,75 toneladas ha<sup>-1</sup> de adubo orgânico, sendo que o valor máximo de produtividade poderia chegar até 2372,0 kg ha<sup>-1</sup>, para uma adubação mineral com 176,80 kg ha<sup>-1</sup> de adubo mineral.

3 O número de racemos por planta é o componente de produção que mais contribui para o aumento da produtividade da mamoneira BRS 188 Paraguaçu.

4 Os resultados não significativos para a concentração dos nutrientes no tecido foliar é resultado do “efeito diluição”, causado pelo crescimento do tecido foliar.

## REFERÊNCIAS

- ABREU JR., C.H.; MURAOKA, T.; OLIVEIRA, F.C. Cátions trocáveis, capacidade de troca de cátions e saturação por bases em solos brasileiros adubados com composto de lixo urbano. **Scientia Agricola**, v. 58, n. 4, p. 813, 2001.
- ALCARDE, J. C. Fertilizantes. In: NOVAIS, R. F. et al. (Eds.). Fertilidade do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, p. 737-768, 2007.
- AMORIN NETO, M.S.; ARAÚJO, A.E.; BELTRÃO, N.E.M.; Zoneamento agroecológico e época de semeadura para a mamoneira Região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v.9, n.3, (Nº Especial: Zoneamento Agrícola), p.551-556, 2001.
- ANDA. Agencia Nacional para difusão de adubos.  
[http://www.anda.org.br/estatistica/Principais\\_Indicadores\\_2013.pdf](http://www.anda.org.br/estatistica/Principais_Indicadores_2013.pdf). Acesso em 09/01/2015.
- AZEVEDO, D.M.P. et al. Recomendações técnicas para o cultivo da mamoneira (*Ricinus communis*) no nordeste do Brasil. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Algodão**, Campina Grande, Circular técnica v. 25, 52 p. 1997.
- BELTRÃO, N.E.M. et al. Mamona: Árvore do Conhecimento e Sistemas de Produção para o Semi-Árido Brasileiro. Circular técnica, v. 70. Campina Grande: 19 p. 2003.
- BERTOL, O. J. ;LANA, M do C. ;FEY, E. ;RIZZI, N. E.. Mobilidade de íons em solo sob sistema de semeadura direta submetido às adubações mineral e orgânica. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 35, n. 4, p. 1311, 2011.
- BERTOZZO, F.; LARA, A.C.C.; ZANOTTO, M.D.; Melhoramento genético da mamoneira visando incremento de flores femininas. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 2, p. 271-277, 2011
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento.  
[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14\\_09\\_10\\_14\\_35\\_09\\_boletim\\_graos\\_s\\_setembr\\_2014.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_09_10_14_35_09_boletim_graos_s_setembr_2014.pdf). Acesso em 09/01/2015.
- DRUMOND, M.A. et al. Cultivo da Mamoneira para o Semi-Árido Brasileiro. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Algodão**, Campina grande. Circular Técnica, v. 85, 2008.
- GILBERT, N. Environment: The disappearing nutrient. **Nature**, v. 461, n. 7265, p. 716, 2009.
- INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO ESTADO DO CEARÁ.  
[http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/perfil\\_basico/pbm-2011/Crateus.pdf](http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/perfil_basico/pbm-2011/Crateus.pdf). Acesso: 25/11/2014
- LIMA, R.L.S. et al. Blends of castor meal and castor husks for optimized use as organic fertilizer. **Industrial Crops and Products**. Volume 33, n. 2, P. 364–368, 2011.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: **Potafós**, 319 p., 1997.

MERGULHÃO, A.C.E. S. et al. Glomalina: a glicoproteína dos fungos micorrízicos arbusculares. In: FIGUEIREDO, M.V.B. et al. (Ed.). **Microorganismos e Agrobiodiversidade: o novo desafio para a agricultura**. Guaíba, Agrolivros, 2008.

NETO, M.A.D. et al. Componentes de produção de mamona em função de níveis de adubação nitrogenada e desfolha. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 3, p. 546-553, 2012.

NASCIMENTO, M. S. et al. Nutrient Extraction and Exportation by Castor Bean Hybrid Lyra. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 113-124, 2012.

SANTOS, H. G. et al. Sistema brasileiro de classificação de solos. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Solos**. Brasília, 3 ed., 354 p., 2013.

SCHNEIDER, R.C.S. Extração, caracterização e transformação do óleo de rícino. 2003. Tese. (Doutorado em química) – Instituto de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

SEVERINO, L. S. et al. Mineralização de torta de mamona, esterco bovino e bagaço de cana estimada pela respiração microbiana. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. v. 5, n. 1. 2004.

SEVERINO, L.S.; LIMA, R.L.S.; BELTRÃO, N.E. de M. Composição química de onze materiais utilizados em substratos para produção de mudas. Campina Grande: **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Algodão**.

Comunicado Técnico, v. 278, 5 p., 2006.

SILVA, F.C. da. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: EMBRAPA, 2 ed, 2009. 624 p.