

*Características agronômicas da mamoneira influenciados
pela fertilização orgânica e densidade global do solo: um
enfoque de sustentabilidade*

Fabiana Xavier Costa

Tese apresentada à Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, para obtenção do título de doutor em Recursos Naturais, área de concentração: Sociedade e Recursos Naturais.

**Orientadores: Dr^a Vera Lúcia Antunes de Lima
Dr. Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão**

Campina Grande – PB
Dezembro de 2008.

Fabiana Xavier Costa

*Características agronômicas da mamoneira influenciadas
pela fertilização orgânica e densidade global do solo: um
enfoque de sustentabilidade*

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS**

Campina Grande – PB
Dezembro de 2008.

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

C837c

2008 Costa, Fabiana Xavier.

Características agronômicas da mamoneira influenciados pela fertilização orgânica e densidade global do solo: um enfoque de sustentabilidade / Fabiana Xavier Costa. — Campina Grande, 2008. 96 f. : il.

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

Referências.

Orientador: Prof^ª. Dra. Vera Lúcia Antunes de Lima, Dr. Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão.

1. *Ricinus communis* L. 2. Fertilidade. 3. Torta de mamona. 4. Composto de lixo orgânico. 5. Compactação do solo. I. Título.

CDU - 633.85 (043)

FABIANA XAVIER COSTA

**CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DA MAMONEIRA INFLUENCIADOS PELA
FERTILIZAÇÃO ORGÂNICA E DENSIDADE GLOBAL DO SOLO: UM ENFOQUE
DE SUSTENTABILIDADE**

APROVADA EM: 19/12/2008

BANCA EXAMINADORA



Dra. VERA LÚCIA ANTUNES DE LIMA

Centro de Tecnologia e Recursos Naturais - CTRN
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG



Dr. NAPOLEÃO ESBERARD DE MACEDO BELTRÃO

Centro Nacional de Pesquisa do Algodão – CNPA
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA



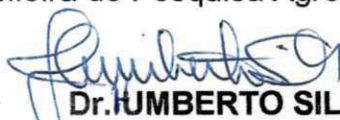
Dr. ALESSANDRO HERBERT DE OLIVEIRA SANTOS

Unidade Acadêmica de Serra Talhada - UAST
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE



Dr. ODILON NERY RIBEIRO FERREIRA DA SILVA

Centro Nacional de Pesquisa do Algodão – CNPA
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA



Dr. HUMBERTO SILVA

Centro de Tecnologia - CTBS
Universidade Estadual da Paraíba – UEPB



Dr. CARLOS ALBERTO VIEIRA DE AZEVEDO

Centro de Tecnologia e Recursos Naturais - CTRN
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG

A Deus (razão do meu viver), meus avós maternos: Joaquim e Josefa (in memoriam), meus pais: Félix e Maria do Carmo, meus irmãos: Maria do Socorro, Fábio, Fernando, Antônio, Felipe e Mikelson, sobrinhos: Gustavo, Fernando Júnior e Rebeca e toda a minha família, Raul Seixas (in memoriam), dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, razão de minha vida, pela sua misericórdia, amor incondicional, pela saúde, paz e amparo em todos os momentos de minha vida, em especial nos mais difíceis.

Aos meus pais, irmãos, minha tia Socorro em especial, pelo o apoio, carinho e incentivo.

A Dr. Napoleão Esberard de Macedo Beltrão, não apenas pela a orientação deste, mas principalmente pela a amizade, atenção, incentivo nos momentos mais alegres e difíceis, oportunidade de ingressar no mestrado e doutorado e por ter acreditado em mim nos momentos em que muitos desacreditaram.

A Dr^a. Vera Lúcia Antunes de Lima pela orientação, paciência e principalmente pela a amizade, apoio, oportunidade de ingressar no mestrado e doutorado, compreensão e por todos os conselhos que me fizeram crescer mais como pessoa.

A Liv Soares Severino pela grande participação nos experimentos e amizade.

A Gédson (Gordurinha) prestador de serviços da Embrapa Algodão, por todo apoio, atenção, dedicação e carinho na colaboração da condução dos experimentos.

A Embrapa Algodão pelo o espaço físico para realização dos experimentos e todo material concedido.

A Petrobras por todo apoio financeiro.

A CAPES pela grande contribuição financeira, através da bolsa concedida.

A todos os funcionários da Embrapa Algodão pela contribuição direta ou indireta na realização dos experimentos.

A Gleibson Cardoso da Embrapa Algodão pela parte estatística do trabalho.

A Dr. Gilvan, ex-pesquisador da Embrapa Algodão por todas as sugestões, amizade e apoio nas análises físicas e químicas e materiais utilizados nos experimentos.

A Dr. Pedro Vieira de Azevedo, Coordenador do curso de Doutorado em Recursos Naturais, pela dedicação, e esforços para atender aos doutorandos.

A todos os professores credenciados ao Programa de Doutorado pela transmissão dos conhecimentos, apoio e dedicação.

Aos colegas e amigos: Nubênia, Fabiana Guimarães, Márcia, Amanda, Kaitty Anne, Lúcio (Maceió), Goreti, Mohab, Dener, Ivana, Sr. Ivo, D. Adebise, Francly, Edivan, Damaceno, Cláudio, Joana, Rossana, Sany, Nélia, Fred, Eliezer, Márcia (Alagoinhas - BA), Magda, Lindaura, Consuelo, Ricardo (Entre Rios - BA), Amélia (Catú – BA), pelo companheirismo, apoio e amizade.

Aos funcionários da UFCG, Cleide, Neide, Geraldo, Adilson e Zé Maria por todo apoio e amizade.

A Antônio (Tampa) da Embrapa Algodão pelo apoio e a amizade durante o desenvolvimento e feitura deste trabalho.

A todos que direta e indiretamente contribuíram para a realização deste.

Muito agradecida de coração e que nosso Deus abençoe a todos!!!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	iv
LISTA DE TABELAS	viii
RESUMO	xii
ABSTRACT	xiii
1.0 INTRODUÇÃO	1
2.0 REVISÃO DA LITERATURA	4
2.1 Desenvolvimento sustentável.....	4
2.1.2 Agricultura orgânica e agroecologia no desenvolvimento rural sustentável.....	4
2.1.3 Do paradigma produtivista à agricultura sustentável.....	5
2.1.4 Agricultura orgânica.....	6
2.2 A cultura da mamona: um enfoque socioeconômico.....	6
2.3 A cultura da mamona: um enfoque agrônômico.....	7
2.4 Clima indicado para o plantio da mamona.....	8
2.5 Solo indicado no plantio da mamona.....	8
2.6 Resistência à salinidade.....	9
2.7 Adubação da mamona.....	9
2.8 Biodiesel.....	10
2.9 Torta de mamona.....	10
2.9.1 Substâncias tóxicas.....	12
2.10 Composto de lixo orgânico.....	12
2.11 Compactação do solo.....	14
2.0 MATERIAL E MÉTODOS (Experimento I)	17
2.1 - Data e local	17
2.2 Clima.....	17
2.3 Material utilizado no experimento.....	17
2.3.1 O solo.....	17
2.3.2 A torta de mamona.....	18
2.4 Descrição da cultivar da mamoneira utilizada no experimento.....	18
2.5 A água de irrigação.....	18
2.6 As unidades experimentais.....	19
2.7 Tratos culturais.....	19
2.7.1 Plantio.....	19

2.7.2	Germinação e desbaste das plântulas.....	19
2.7.3	Delineamento experimental e tratamentos	19
2.8	Compactação e adubação do solo.....	22
2.9	Descrição das variáveis analisadas.....	22
2.10	Principais metodologias para determinação das variáveis analisadas.....	23
2.10.1	Análise do crescimento.....	23
2.10.2	Conteúdo de clorofila nas folhas.....	23
2.10.3	Conteúdo de Potássio (K) nos pecíolos.....	23
2.10.4	Análise foliar de macronutrientes.....	23
2.10.5	Velocidade de infiltração da água no solo.....	24
2.10.6	Peso da fitomassa seca da parte aérea.....	24
2.10.7	Peso matéria seca das raízes.....	24
2.10.8	Comprimento das raízes.....	24
2.10.9	Relação raiz/fitomassa aérea.....	24
2.11	Modelo matemático aplicado aos dados obtidos.....	24
2.12	Planejamento experimental e análises estatísticas.....	24
3.0	MATERIAL E MÉTODOS (experimento II)	25
3.1	Data e local.....	25
3.2	Material utilizado.....	25
3.3	O solo.....	25
3.3.1	A torta de mamona.....	26
3.3.2	O Composto de lixo orgânico.....	26
3.4	Descrição da cultivar da mamoneira utilizada nos experimentos.....	26
3.5	A água de irrigação.....	26
3.6	As unidades experimentais.....	26
3.7	Tratos culturais.....	27
3.7.1	Plantio.....	27
3.7.2	Germinação e desbaste das plântulas.....	27
3.8	Delineamento experimental e tratamentos.....	27
3.9	Registro da umidade relativa do ar (UR) e temperatura durante o período do experimento na casa-de-vegetação.....	30
3.10	Descrição das variáveis analisadas.....	31
3.11	Modelo matemático aplicado aos dados obtidos.....	31
3.12	Planejamento experimental e análises estatísticas.....	32
4.0	RESULTADOS E DISCUSSÕES	33
A)	Experimento I	33
4.1	Variáveis relacionada ao crescimento da planta em função de diferentes níveis de compactação do solo.....	33

4.2 Variáveis relacionada ao crescimento da planta em função de diferentes doses de adubo orgânico ao solo.....	36
4.3 Variáveis relacionadas à fisiologia e a bioquímica da planta em função da compactação e da adubação do solo.....	39
4.4 Variáveis físicas do solo em função de diferentes densidades e adubação.....	50
4.5 Variáveis químicas do solo função de diferentes densidades e adubação.....	53
B) Experimento II.....	63
4.6 Crescimento da planta em função de doses de lixo orgânico.....	63
4.7 Crescimento da planta em função de doses de torta de mamona.....	63
4.8 Variáveis relacionadas à fisiologia e a bioquímica da planta em função de doses e adubos solo.....	68
4.9 Variáveis relacionadas à produção e crescimento de biomassa da planta em função de doses de matéria orgânica.....	69
4.10 Constituintes minerais da folha em função de doses de matéria orgânica.....	78
4.11 Disponibilidade de nutrientes vegetais no solo em função de doses de matéria orgânica.....	83
5.0 CONCLUSÕES	86
6.0 RECOMENDAÇÕES	87
7.0 REFERÊNCIAS	88

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Unidades experimentais utilizadas no experimento I.....	19
Figura 2- Distribuição dos blocos e tratamentos do experimento na casa-de-vegetação da Embrapa Algodão. Campina Grande – PB, 2005.....	21
Figura 3 – Forma e delineamento da compactação do solo.....	22
Figura 4 – Unidades experimentais utilizadas no experimento II.....	27
Figura 5- Distribuição dos blocos e tratamentos do experimento II na casa-de-vegetação da Embrapa Algodão. Campina Grande – PB, 2006.....	29
Figura 6- Média mensal da Umidade Relativa do Ar %. Casa-de-vegetação da Embrapa Algodão. Campina Grande – PB, 2005/2006.....	30
Figura 7- Média Mensal das temperaturas: Máxima, Mínima e Média ° C. Casa-de-vegetação da Embrapa Algodão. Campina Grande – PB, 2005/2006.....	30
Figura 8- Relação entre as variáveis altura de planta (A), diâmetro caulinar (B), e área foliar por planta (C) em função da densidade de solo e do tempo. Campina Grande - PB, 2007.....	35
Figura 9- Relação entre as variáveis altura de planta (A), diâmetro caulinar (B), e área foliar por planta (C) em função de diferentes doses de adubos e do tempo. Campina Grande - PB, 2007.....	38
Figura 10- Relação entre a variável teor de clorofila (ppm) nas follhas, em função da adubação. Campina Grande - PB, 2007.....	40
Figura 11- Relação entre a variável comprimento da raiz em função das diferentes densidades do solo. Campina Grande - PB, 2007.....	41
Figura 11.1- Raiz com densidade 1,4 kg/dm ³ e dose de torta de mamona 0 t.ha ⁻¹	42
Figura 11.2- Raiz com densidade 1,6 kg/dm ³ e dose de torta de mamona 0 t.ha ⁻¹	42
Figura 11.3- Raiz com densidade 1,8 kg/dm ³ e dose de torta de mamona 4 t.ha ⁻¹	42
Figura 11.4- Raiz com densidade 2 kg/dm ³ e dose de torta de mamona 0 t.ha ⁻¹	42

Figura 11.5- Raiz com densidade 2 kg/dm ³ e dose de torta de mamona 2 t.ha ⁻¹	43
Figura 11.6- Raiz com densidade 2 kg/dm ³ e dose de torta de mamona 4 t.ha ⁻¹	43
Figura 11.7- Raiz com densidade 2 kg/dm ³ e dose de torta de mamona 6 t.ha ⁻¹	43
Figura 11.8- Raiz com densidade 2 kg/dm ³ e dose de torta de mamona 6 t.ha ⁻¹	43
Figura 11.9- Raiz com densidade 2 kg/dm ³ e dose de torta de mamona 6 t.ha ⁻¹	44
Figura 12- Relação entre as variáveis peso matéria seca da parte área (A); comprimento da raiz (B) e peso matéria seca da raiz (PSR) em função doses de adubação. Campina Grande - PB, 2007.....	45
Figura 13- Relação entre as variáveis teores de N (A), Pb (B), P(C) e P ₂ O ₅ (C) em função da adubação. Campina Grande - PB, 2007.....	48
Figura 14- Relação entre as variáveis teores de K (A), K ₂ O (B) e Mg (C) em função da adubação. Campina Grande - PB, 2007.....	49
Figura 15- Relação entre as variáveis velocidade de infiltração de água do solo (ml/cm) em função de diferentes densidades do solo. Campina Grande - PB, 2007.....	50
Figura 16- Relação entre as variáveis Umidade natural do solo em função da adubação. Campina Grande - PB, 2007.....	51
Figura 17- Relação entre as variáveis teor de Umidade a 0,33atm (%) do solo em função das densidades nas adubações, doses 0 e 4 t/ha (A) e em função da adubação dentro das densidades 1,4; 1,6 e 2 kg/dm ³ (B). Campina Grande - PB, 2007.....	53
Figura 18- Relação entre as variáveis teores de Ca (A), Na (C) e K (E) do solo em função das densidades dentro de doses da adubação e teores de Ca (B), Na (D) e K (F) em função da adubação dentro das densidades. Campina Grande - PB, 2007.....	56
Figura 19A. Relação entre a variável teor de carbono do solo em função das densidades nas diferentes doses da adubação. Campina Grande - PB, 2007.....	60
Figura 19B. Relação entre a variável teor de matéria orgânica (MO) em função das densidades nas diferentes doses da adubação. Campina Grande - PB, 2007.....	60
Figura 19C. Relação entre a variável teor de fósforo (P) em função das densidades nas diferentes doses da adubação. Campina Grande - PB, 2007.....	61
Figura 19D. Relação entre a variável condutividade elétrica em função das densidades nas diferentes doses da adubação. Campina Grande - PB, 2007.....	61

Figura 20- Relação entre as variáveis teores de carbono (A), matéria orgânica (B), e condutividade elétrica (C) em função da densidade nas diferentes doses de adubação do solo. Campina Grande - PB, 2007.....	62
Figura 21- Relação entre as variáveis teor de nitrogênio (N) no solo em função da densidade do solo. Campina Grande - PB, 2007.....	64
Figura 22- Relação entre as variáveis altura de planta (A), diâmetro caulinar (B), e área foliar por planta (C) em função das doses de Lixo orgânico e do tempo. Campina Grande, 2007.....	66
Figura 23- Relação entre as variáveis altura de planta (A), diâmetro caulinar (B), e área foliar por planta (C) em função das doses de Torta de mamona e do tempo. Campina Grande, 2007.....	68
Figura 24- Relação entre as variáveis teor de clorofila (ppm) (A) e número de dias para floração do primeiro cacho (B) em função de diferentes doses de torta de mamona. Campina Grande, 2007.....	70
Figura 25- Relação entre as variáveis relação da fitomassa / raiz; fitomassa / parte aérea (RRA) em função de doses de composto de lixo orgânico. Campina Grande, 2007.....	73
Figura 26 A. Relação entre a variável peso matéria seca da parte aérea (PMSA) em função de diferentes doses de torta de mamona. Campina Grande – PB. 2007.....	73
Figura 26 B. Relação entre a variável comprimento da raiz (CR) em função de diferentes doses de torta de mamona. Campina Grande – PB. 2007.....	74
Figura 26 C. Relação entre a variável relação da fitomassa / raiz; fitomassa / parte aérea (RRA) em função de diferentes doses de torta de mamona. Campina Grande – PB. 2007.....	74
Figura 26 D. Relação entre a variável peso matéria seca do primeiro cacho (PMSC) em função de diferentes doses de torta de mamona. Campina Grande – PB. 2007.....	75
Figura 26 E. Relação entre a variável relação peso matéria seca das cascas / peso matéria seca do primeiro cacho (RCC) em função de diferentes doses de torta de mamona. Campina Grande – PB. 2007.....	75
Figura 27- Relação entre as variáveis relação casca/semente do 1º cacho (RCS); em função de doses de composto de lixo orgânico. Campina Grande, 2007.....	77

- Figura 28-** Relação entre as variáveis **-A-** o peso matéria seca de sementes do 1º cacho (PSSC); **-B-** peso de 100 sementes (PSS) e **-C-** relação do 1º cacho com a parte vegetativa (RCV) em função de diferentes doses de torta de mamona. Campina Grande, 2007.....78
- Figura 29-** Relação entre as variáveis teores Fósforo (P) (**A**); Óxido de Fósforo P_2O_5 (**B**); Potássio (K) (**C**); Óxido de Potássio K_2O (**D**) em função de diferentes doses de torta de mamona. Campina Grande, 2007.....81
- Figura 30-** Relação entre as variáveis teor de magnésio do solo em função de doses de composto de lixo orgânico. Campina Grande, 2007.....83
- Figura 31-** Relação entre as variáveis teores de carbono (**A**); matéria orgânica (**B**) e nitrogênio (**C**) em função de diferentes doses de torta de mamona. Campina Grande – PB, 2007.....86

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Composição química da torta de mamona.....	11
Tabela 2- Características químicas (fertilidade) do solo usado no experimento. Embrapa Algodão, Campina Grande – PB, 2005.....	17
Tabela 3- Características físicas do solo usado no experimento. Embrapa Algodão, Campina Grande, PB, 2005.....	18
Tabela 4 - Teores de Umidade, Óleo, Proteína bruta, Cinzas, N, P e K da torta de mamona usada no experimento. Embrapa Algodão, Campina Grande, PB, 2005.....	18
Tabela 5- Composição físico-química da água de abastecimento usada no experimento. Embrapa Algodão– Campina Grande – PB – 2005.....	19
Tabela 6 - Esquema adotado para análise estatística – Resumo da ANOVA.....	25
Tabela 7- Características químicas (fertilidade) do solo usado no experimento. Embrapa Algodão, Campina Grande – PB, 2006.....	25
Tabela 8- Características físicas do solo usado no experimento. Embrapa Algodão. Campina Grande, PB, 2006.....	25
Tabela 9- Características químicas do composto do lixo orgânico utilizado no experimento. Embrapa Algodão. Campina Grande, PB, 2006.....	26
Tabela 10 - Esquema adotado para análise estatística – Resumo da ANOVA.....	32
Tabela 11- Modelos matemáticos para análise de crescimento, em função da densidade de solo. Campina Grande, 2007.....	34
Tabela 12- Modelos matemáticos para análise de crescimento, em função de diferentes doses de adubo. Campina Grande – PB, 2007.....	37
Tabela 13- Resumos das análises de variâncias (quadrados médios) do teor de clorofila (ppm) na folha e do teor de potássio (ppm) no pecíolo em função de diferentes densidades de solo e adubação. Campina Grande - PB, 2007.....	39

- Tabela 14-** Resumos das análises de variâncias (quadrados médios) dos modelos de equações para o peso matéria seca da parte aérea (PMSA); peso matéria seca da raiz (PMSR); comprimento da raiz (CR) e relação da fitomassa / raiz; fitomassa / parte aérea (RRA); em função de diferentes densidades de solo e adubação. Campina Grande- PB, 2007.....40
- Tabela 15-** Resumos das análises de variâncias (quadrados médios) referentes aos dados da análise foliar: nitrogênio (N), proteína bruta (PB), fósforo (P), óxido de fósforo (P_2O_5), potássio (K), óxido de potássio (K_2O), cálcio (Ca), óxido de cálcio, magnésio (Mg) e enxofre (S) em função de diferentes densidades de solo e adubação. Campina Grande - PB, 2007.....47
- Tabela 16-** Resumos das análises de variâncias (quadrados médios) referentes aos dados da análise física do solo em função de diferentes densidades de solo e adubação. Campina Grande - PB, 2007.....50
- Tabela 17-** Resumos das análises de variâncias (quadrados médios) referentes aos dados da análise física do solo em função de diferentes densidades de solo e adubação. Campina Grande - PB, 2007. (Continuação).....51
- Tabela 18-** Desdobramento da interação dos fatores densidades de solo e adubação (quadrados médios) referente à variável umidade a 0,33 atm. Campina Grande - PB, 2007. (Continuação).....52
- Tabela 19-** Desdobramento das interações (quadrados médios) referentes aos dados da análise física do solo cálcio (Ca), sódio (Na) e potássio (K) em função de diferentes densidades de solo e adubação. Campina Grande - PB, 2007.....55
- Tabela 20-** Desdobramento das interações (quadrados médios) referentes aos dados da análise química e física do solo carbono (C), matéria orgânica (M.O), fósforo (P) e condutividade elétrica (C.E) em função de diferentes densidades de solo e adubação. Campina Grande -PB, 2007.....59
- Tabela 21-** Resumos das análises de variâncias (quadrados médios) referentes aos dados da análise de fertilidade e física do solo: cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na), e potássio (K) em função de diferentes densidades de solo e adubação. Campina Grande PB, 2007.....63
- Tabela 22-** Resumos das análises de variâncias (quadrados médios) referentes aos dados da análise de fertilidade e física do solo: carbono (C), matéria orgânica (M.O), nitrogênio (N), fósforo (P), pH, e condutividade elétrica (C.E) em função de diferentes densidades de solo e adubação. Campina Grande -PB , 2007. (Continuação).....63

- Tabela 23-** Modelos matemáticos para análise de crescimento, em função das doses de composto de lixo orgânico. Campina Grande, 2007.....65
- Tabela 24-** Modelos matemáticos para análise de crescimento, em função das doses de Torta de mamona. Campina Grande, 2007.....67
- Tabela 25-** Resumos das análises de variâncias (quadrados médios) do teor clorofila (ppm); número de dias para floração do primeiro cacho (DIAF); relação entre flores femininas e flores masculinas do primeiro cacho (RFM) e número de ramificações (NR) em função de diferentes adubos orgânicos e doses. Campina Grande, 2007.....69
- Tabela 26-** Resumos das análises de variâncias (quadrados médios) dos modelos de equações referentes ao teor de clorofila (ppm) nas folhas; número de dias para floração do primeiro cacho (DIAF); relação entre flores femininas e flores masculinas do primeiro cacho (RFM) e número de ramificações (NR) em função de diferentes adubos orgânicos e doses. Campina Grande, 2007.....69
- Tabela 27-** Resumos das análises de variâncias (quadrados médios) do peso matéria seca da parte área (PMSA); peso matéria seca da raiz (PMSR); número de cachos por planta (NCP); comprimento da raiz (CR); relação da fitomassa / raiz; fitomassa / parte aérea (RRA); peso matéria seca do primeiro cacho (PMSC); relação peso matéria seca das cascas / peso matéria seca do primeiro cacho (RCC) em função de diferentes adubos orgânicos e doses. Campina Grande, 2007.....72
- Tabela 28-** Resumos das análises de variâncias (quadrados médios) dos modelos de equações para o peso matéria seca da parte área (PMSA); peso matéria seca da raiz (PMSR); número de cachos por planta (NCP); comprimento da raiz (CR); relação da fitomassa / raiz; fitomassa / parte aérea (RRA); peso matéria seca do primeiro cacho (PMSC); relação peso matéria seca das cascas / peso matéria seca do primeiro cacho (RCC) em função de diferentes adubos orgânicos e doses. Campina Grande, 2007.....72
- Tabela 29-** Resumos das análises de variâncias (quadrados médios) do peso matéria seca de sementes do 1º cacho (PSSC); peso de 100 sementes (PSS); relação casca/semente do 1º cacho (RCS); relação do 1º cacho com a parte vegetativa (RCV) em função de diferentes adubos orgânicos e doses. Campina Grande, 2007.....76
- Tabela 30-** Resumos das análises de variâncias (quadrados médios) dos modelos de equações para o peso matéria seca de sementes do 1º cacho (PSSC); peso de 100 sementes (PSS); relação casca/semente do 1º cacho (RCS); relação do 1º cacho com a parte vegetativa (RCV) em função de diferentes adubos orgânicos e doses. Campina Grande, 2007.....77

- Tabela 31-** Resumos das análises de variâncias (quadrados médios) referentes aos dados da análise foliar: nitrogênio (N); proteína bruta (PB); fósforo (P); óxido de fósforo (P_2O_5); potássio (K); óxido de potássio (K_2O); cálcio (Ca); óxido de cálcio (CaO); magnésio (Mg); óxido de magnésio (MgO) e enxofre (S) (g/kg) em função de diferentes fontes de doses de matéria orgânica. Campina Grande, 2007.....80
- Tabela 32-** Resumos das análises de variâncias (quadrados médios) dos modelos de equações referentes aos dados da análise foliar: nitrogênio (N); proteína bruta (PB); fósforo (P); óxido de fósforo (P_2O_5); potássio (K); óxido de potássio(K_2O); cálcio (Ca); óxido de cálcio (CaO); Magnésio (Mg); óxido de magnésio (MgO) e enxofre (S) (g/kg) em função de diferentes fontes de doses de matéria orgânica. Campina Grande, 2007.....80
- Tabela 33.** Resumos das análises de variâncias (quadrados médios) dos modelos de equações referentes aos dados da análise de fertilidade do solo: cálcio (Ca), magnésio (Mg), Sódio (Na), e potássio (P) em função de diferentes fontes de doses de matéria orgânica. Campina Grande, 2007.....83
- Tabela 34-** Resumos das análises de variâncias (quadrados médios) dos modelos de equações referentes aos dados da análise de fertilidade do solo: cálcio (Ca), magnésio (Mg), Sódio (Na), e potássio (P) em função de diferentes fontes de doses de matéria orgânica. Campina Grande, 2007.....83
- Tabela 35-** Resumos das análises de variâncias (quadrados médios) dos modelos de equações referentes aos dados da análise de fertilidade e física do solo: carbono (C), matéria orgânica (M.O), nitrogênio (N), fósforo (P), pH, e condutividade elétrica (C.E) em função de diferentes fontes de doses de matéria orgânica. Campina Grande, 2007. (Continuação).....84
- Tabela 36-** Resumos das análises de variâncias (quadrados médios) dos modelos de equações referentes aos dados da análise de fertilidade e física do solo: carbono (C), matéria orgânica (M.O), nitrogênio (N), fósforo (P), pH, e condutividade elétrica (C.E) em função de diferentes fontes de doses de matéria orgânica. Campina Grande, 2007. (Continuação).....84

RESUMO

A mamona (*Ricinus communis* L.) encontrou na região semi-árida do Nordeste Brasileiro recursos e condições naturais para seu desenvolvimento e se constitui uma alternativa importante para geração de renda e postos de trabalho no campo, tornando-se, assim, um fator importantíssimo na sustentabilidade ambiental. O presente trabalho foi constituído de dois experimentos, que objetivaram avaliar o crescimento, desenvolvimento e produção de mamona, em função da utilização de fertilizantes orgânicos (torta de mamona e composto de lixo orgânico) e mineral (macronutrientes e micronutrientes) em diferentes doses em solos compactados artificialmente em diferentes níveis de densidades. Os experimentos foram realizados em casa de vegetação do Centro Nacional de Pesquisa do Algodão (CNPQ/Embrapa Algodão), no município de Campina Grande, PB. No experimento I utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados, em esquema de análise fatorial (4 x 4), com 3 repetições, sendo os fatores: quatro níveis de densidades do solo (1,4; 1,6; 1,8 e 2,0 kg dm⁻³) e quatro doses de torta de mamona (0,0; 2,0; 4,0 e 6,0 t ha⁻¹). No experimento II utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados com quatro repetições, totalizando 11 tratamentos, sendo eles, derivados de doses de torta de mamona e de composto de lixo orgânico (quatro doses de cada um deles) e três testemunhas (testemunha absoluto (solo sem fertilizantes), testemunha relativo 1 (NPK – nitrogênio, fósforo e potássio), testemunha relativo 2 (NPK + micronutrientes - boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mg) e zinco (Zn)), com posterior estudo de contrastes ortogonais. A cultivar utilizada para este estudo foi a BRS Paraguaçu, que foi plantada em vasos de 60 L e as variáveis analisadas nos dois experimentos foram relacionadas ao crescimento e desenvolvimento; a produção; à fisiologia e a bioquímica da mamoneira e algumas variáveis relacionadas a parte química (fertilidade) e física do solo. Os resultados das variáveis determinadas foram submetidos à análise de variância pelo programa estatístico software SAS (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM), e o nível de significância foi analisado através do teste “F”. As médias foram comparadas entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade. Os resultados alcançados permitem concluir que as densidades de solo mais elevadas, contribuíram significativamente para redução do crescimento e desenvolvimento das plantas de mamona, cujo efeito foi, de certa forma, amenizados pela adição de torta de mamona ao solo. A torta de mamona proporcionou efeito significativo sobre teores de N, PB, P, P₂O₅, K e K₂O presentes na folha de mamoneira e teores de carbono, de matéria orgânica e de nitrogênio ao solo, o que evidencia a sua importância como excelente adubo orgânico, já o composto de lixo orgânico adicionado ao solo em diferentes dosagens não influenciou nos componentes de crescimento, desenvolvimento e produção das plantas, os constituintes da folha e os macronutrientes do solo, constituindo-se em um adubo orgânico de baixa eficiência produtiva para o cultivo da mamoneira.

Palavras – chave: *ricinus communis* L.; fertilidade; torta de mamona; composto de lixo orgânico; compactação do solo

ABSTRACT

The castor bean plant (*Ricinus communis* L.) found in the semiarid region of Northeast Brazil resources and natural conditions for its development and it is an important alternative to generate income and jobs in the field, becoming thus a major factor in the environmental sustainability. This work consisted of two experiments, which aimed to evaluate the growth, development and production of castor oil, depending on the use of organic fertilizers (castor bean cake and made up of organic waste) and mineral (macro and micro) in different doses in soil artificially compressed into different levels of density. The experiments were conducted in a greenhouse of the National Center for Research in Cotton (CNPQ / Cotton Embrapa), in the city of Campina Grande, PB. In experiment I, the experimental design in randomized blocks was used, in a factor analysis (4 x 4), with 3 replications, and the factors: four levels of density of soil (1.4, 1.6, 1.8 and 2.0 kg dm⁻³) and four doses of castor bean cake (0.0, 2.0, 4.0 and 6.0 t ha⁻¹). In experiment II, the experimental design in a randomized block design with four replications was used, totaling 11 treatments, which are derived from doses of castor bean cake and composed of organic waste (four doses of each) and three witnesses (witness absolute (soil without fertilizers), witness for 1 (NPK - nitrogen, phosphorus and potassium), witness for 2 (NPK + micronutrients - boron (B), copper (Cu), iron (Fe), manganese (Mg) and zinc (Zn)), with subsequent study of orthogonal contrasts. The "cultivar" (cultivate) used for this study was the Paraguaçu BRS, which was planted in pots of 60 L and the variables in the two experiments were related to growth and development, production, the physiology and biochemistry of castor beans and some variables related to the chemical (fertility) and soil physics. The results of certain variables were subjected to analysis of variance by the SAS statistical software (Statistical Analysis SYSTEM), and the level of significance was analyzed through the test "F ". The averages were compared among themselves by Tukey test at 1% probability. The results show that the highest densities of soil, contributed significantly to reducing the growth and development of castor bean plants, whose effect was, in some way, softened by adding cake of castor oil to the ground. The cake of castor oil has a significant effect on levels of N, MO, P, P₂O₅ and K₂O present in the leaf of castor bean and carbon contents of organic matter and nitrogen to soil, which highlights its importance as an excellent organic fertilizer, whereas the organic waste compost added to soil at different doses did not affect the components of growth, development and production of plants, the constituents of the leaf and soil nutrients, and it is an organic fertilizer with low production efficiency for the cultivation of castor beans.

KEYWORDS: *Ricinus communis* L.; Fertility; Cake of castor oil, Organic waste compost, Soil compaction

A Última Instância

“Existe um vazio interior que está sempre a buscar expressão para dela obter prazer, e isso cria o medo de não obtê-lo por completo, advindo então agressividade. Tratamos então de preencher esse vazio interior com livros, conhecimentos, relações, ocultismo, religiões, carreiras e mais mil artifícios, tudo para camuflar o vazio, mas no final de tudo continua existindo esse vácuo imprenchível. O AMOR é o mais forte preenchimento, portanto apelamos para DEUS: a última instância!”.

Raul Szixas (1945-1989)

O Baú do Raul

1.0 INTRODUÇÃO

O atual modelo de crescimento econômico gerou enormes desequilíbrios; se, por um lado, nunca houve tanta riqueza e fartura no mundo para uma pequena parte da população mundial, estimada em mais de 6,7 bilhões de habitantes, por outro lado, a miséria, a degradação ambiental e a poluição aumentam dia-a-dia, estimando-se que exista mais de um bilhão de pessoas com fome crônica. Diante desta constatação, e para reduzir os atuais níveis de degradação do ambiente, em especial do solo, surgiu a idéia do Desenvolvimento Sustentável (DS), buscando conciliar o desenvolvimento e o crescimento econômico com a preservação ambiental e, ainda, ao por fim a pobreza no mundo.

Uma sociedade sustentável é aquela que satisfaz suas necessidades sem diminuir as perspectivas das gerações futuras (CAPRA, 2003). Segundo Capra (1996), o conceito de sustentabilidade adquiriu importância-chave no movimento ecológico. O grande desafio do nosso tempo é criar comunidades sustentáveis – isto é, ambientes sociais e culturais onde pode-se satisfazer as necessidades e aspirações das populações sem diminuir as chances das gerações futuras.

Uma das formas de desenvolvimento sustentável nesses últimos anos tem sido o plantio de mamona (*Ricinus communis* L.), que tem crescido muito, especialmente no semi-árido brasileiro, tendo esta planta, seus produtos e co-produtos, tais como seu óleo, que, é diferente de todos os demais óleos vegetais, inúmeras aplicações industriais, sobretudo na produção do biodiesel, medicamentos, resinas, polímeros, couro artificial, tecidos, etc e da torta de mamona que é um importante adubo orgânico, com elevados teores de N, P e K, considerado um fertilizante orgânico com elevada taxa de decomposição no ambiente edáfico, além de ter mais de 25 % da sua constituição em fibra.

A cultura da mamona é uma das mais tradicionais no semi-árido brasileiro. É de relevante importância econômica e social, com inúmeras aplicações na Indústria. Não se sabe ao certo qual é a sua origem, alguns mencionam que ela é da Etiópia, mas existem muitas controvérsias, no entanto essa oleaginosa é encontrada de forma espontânea em várias regiões do Brasil, desde o Amazonas até o Rio Grande do Sul. Embora seja considerada uma planta de elevada resistência à seca, para produzir bem, a mamona necessita de pelo menos 16 nutrientes e aproximadamente 500 mm de chuva bem distribuída ao longo de seu ciclo.

Segundo Azevedo e Lima (2001), a mamona se constitui num considerável potencial para a economia do País e em alternativa viável para a Região Nordeste porque é um arbusto de grande resistência a períodos de estiagem. Acrescenta-se a isso, o fato de seu óleo ser de grande versatilidade e de utilidade comparável apenas ao petróleo, sendo um produto renovável de custo baixo.

A mamona é considerada como uma das culturas mais importantes na região Nordeste do ponto de vista social, em especial no Estado da Bahia, que na safra mais recente foram plantados mais de 60.000 ha, por pequenos produtores, que em geral fazem o cultivo consorciado com outras culturas, em particular o feijão (*Phaseolus vulgaris* L.).

A mamona possui teor médio de óleos nas sementes principais recomendadas para cultivo. Seu óleo é especial: o único produzido pela natureza solúvel em álcool, o mais denso e viscoso de todos os óleos vegetais e animais que a natureza concebeu, possuindo propriedades singulares que o fazem o

mais versátil de todos, com mais de 750 aplicações industriais e um dos melhores para produção de biocombustíveis, como o biodiesel (BELTRÃO et al, 2008).

O uso de óleo de mamona para produção de biodiesel, um sucedâneo do diesel, é uma das alternativas brasileiras para redução da importação de petróleo e da emissão de poluentes e gases de “Efeito Estufa” na atmosfera. A criação desta demanda para o óleo de mamona proporcionará o aumento das áreas agrícolas exploradas com a cultura, gerando postos de trabalho, diretos e indiretos.

Pelo zoneamento agroecológico para a cultura da mamoneira, para o cultivo em regime de sequeiro (www.cnpa.embrapa.br da Embrapa Algodão, link Produtos mamona, consultado em 25 de julho de 2008) há no Nordeste mais de 450 municípios nos seus nove Estados, onde pode-se cultivar a mamona o que corresponde a mais de 4,5 milhões de hectares, quase uma área equivalente a área de todo território do Estado da Paraíba. A cultura da mamona é muito empregadora, e poderá ser uma das soluções para o desemprego na região Nordeste, em especial, quando o biodiesel começar a ser de uso obrigatório no Brasil. No entanto, uma parte razoável dos solos desta região, principalmente no Semi-árido, estão degradados e assim necessitam de serem recuperados. Visando atender as metas e prazos definidos pelo Programa Brasileiro de biodiesel - Folder – Biodiesel na Petrobras, (2006) - a Petrobras apresenta novos projetos: a mistura de 2% de biodiesel ao diesel a partir de 2008 (corrente ano) e de 5% a partir de 2013 e esta desenvolvendo três usinas de produção comercial de biodiesel localizadas em Montes Claros – MG, Candeias – BA e Quixadá – CE.

De acordo com Savy Filho e Banzatto (1983), o mais tradicional e importante subproduto da mamona é a torta. Seu alto teor de proteína a torna atraente como alternativa para alimentação animal, porém a presença de substâncias tóxicas de difícil eliminação tem inviabilizado essa alternativa. Devido à inexistência de um método seguro para sua destoxicação, a torta tem sido utilizada predominantemente como adubo orgânico que tem valor financeiro inferior ao alimento animal.

Assim como a torta de mamona um outro adubo orgânico que é o composto de lixo orgânico, tem causado efeitos benéficos ao solo e sendo muito utilizado atualmente pelos agricultores no cultivo das plantas, com isso a preocupação com o destino final dos resíduos sólidos orgânicos ou lixo orgânico diminuiu nesses últimos tempos.

A produção de resíduos sólidos (lixo) em algumas cidades tem aumentado em velocidade superior ao do índice de crescimento populacional. Em média, uma pessoa adulta produz o equivalente a 600 g de lixo por dia, correspondendo, em uma cidade com 20 mil habitantes, à produção de cerca de 12 mil kg/dia (SILVA, 2000). Em cidades de pequeno porte, estima-se que a quantidade de lixo domiciliar produzida por habitante esteja entre 400 e 600 g diárias e que nos grandes centros esta quantidade pode chegar a 1,5 kg/habitante/dia (ALVES, 1996). Mais de 75% de todo o lixo recolhido nas ruas é depositado a céu aberto, sem controles sanitários e sem aproveitamento em processos de compostagem. Em grande parte das cidades, o lixo depositado a céu aberto chega a 100%.

Os resíduos sólidos, aqueles produzidos em municípios com menos de 50 mil habitantes caracterizam-se por apresentar alto teor de matéria orgânica (50% a 70%) e considerável percentual (8% a 15%) de material reciclável (PEREIRA NETO, 1995).

O desenvolvimento de técnicas apropriadas para a compostagem viabiliza o uso de lixo orgânico urbano e resíduos da agroindústria na produção de composto orgânico, contendo nutrientes essenciais às plantas, além de matéria orgânica, que melhora a CTC e as propriedades físicas do solo.

A compostagem vem sendo utilizada há bastante tempo para estabilização dos variados resíduos agrícolas e apresenta-se, atualmente, como alternativa viável e de baixo custo para o processamento da parte orgânica do lixo urbano. A transformação desse lixo em produto nobre, na forma de composto orgânico uniforme e que possa ser utilizado na produção de alimentos, principalmente na agricultura familiar, é uma alternativa viável através do processo de compostagem (TEIXEIRA et al, 2002b).

A utilização dos adubos orgânicos (torta de mamona e composto de lixo orgânico) no cultivo de plantas em especial a mamona com solo compactado ainda é escasso no Brasil, sobretudo no Nordeste Brasileiro, com isso faz-se necessário o estudo de tais insumos para uma agricultura corretamente ecológica e economicamente viável.

Várias culturas têm sido cultivadas em solo compactado, como por exemplo: soja, feijão e milho, porém, até, então, não se tem o conhecimento de trabalhos com o cultivo de mamona em solo compactado, haja vista a necessidade de informações sobre o teor de macronutrientes e micronutrientes se são alterados, o desenvolvimento das raízes, bem como outros fatores importantes.

A resistência do solo à penetração é relacionada com a textura, compactação e umidade do solo. A compactação do solo, natural ou artificial, pode tornar-se uma das causas de insucesso no cultivo das plantas econômicas, no entanto o problema da compactação do solo vem aparecendo sistematicamente nas regiões de Cerrado e em outras, incluindo o Semi-árido brasileiro, onde os sistemas convencionais de manejo do solo têm causado desagregação excessiva da camada arável, o encrostamento superficial e a formação de camadas coesas ou compactadas. Como alternativa, os agricultores adotaram, nas condições de Cerrado, que envolvem cerca de 25 % do território nacional, o Sistema Plantio Direto, entretanto, em várias situações vêm sendo relatadas ocorrências de aumento da densidade de solo e diminuição da macroporosidade, o que tem sido diagnosticado como compactação, fazendo com que o agricultor seja obrigado a movimentar o solo, e às vezes o solo torna-se improdutivo (ROSOLEM et al., 1999).

O presente trabalho constou de dois experimentos, onde objetiva-se de uma forma geral avaliar o crescimento, desenvolvimento e produção de mamona, utilizando fertilizantes orgânicos (torta de mamona e composto de lixo orgânico) e fertilizante mineral (macronutrientes e micronutrientes) em diferentes doses e compactação artificial do solo com diferentes níveis de densidades, agregando valor à cadeia produtiva do biodiesel e com isso evidenciando-se novos horizontes para o desenvolvimento sustentável em especial no semi-árido Brasileiro.

No experimento I objetivou-se especificamente avaliar os efeitos da torta de mamona em doses crescentes nas propriedades físicas e químicas do solo, na planta, como também sua fisiologia e bioquímica, com o plantio de mamona em solo artificialmente compactado. No experimento II objetivou-se especificamente avaliar os efeitos da torta de mamona, do composto de lixo orgânico e da fertilização mineral no crescimento, desenvolvimento e aos 130 dias após a emergência das plântulas a produção de mamona.

2.0 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Desenvolvimento sustentável

O desenvolvimento sustentável é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem a suas próprias necessidades. Ele contém dois conceitos-chave: 1- o conceito de “necessidades”, sobretudo as necessidades essenciais dos pobres no mundo, que devem receber a máxima prioridade; 2- a noção das limitações que o estágio da tecnologia e da organização social impõe ao meio ambiente, impedindo-o de atender às necessidades presentes e futuras.

De acordo com a página da Internet (<http://www.economiabr.net/economia/>, 2008), em seu sentido mais amplo, a estratégia de desenvolvimento sustentável visa a promover a harmonia entre os seres humanos e entre a humanidade e a natureza. No contexto específico das crises do desenvolvimento e do meio ambiente surgidas nos anos 80 - que as atuais instituições políticas e econômicas nacionais e internacionais ainda não conseguiram e talvez não consigam superar-, a busca do desenvolvimento sustentável requer:

- um sistema político que assegure a efetiva participação dos cidadãos no processo decisório;
- um sistema econômico capaz de gerar excedentes e know-how técnico em bases confiáveis e constantes;
- um sistema social que possa resolver as tensões causadas por um desenvolvimento não-equilibrado;
- um sistema de produção que respeite a obrigação de preservar a base ecológica do desenvolvimento;
- um sistema tecnológico que busque constantemente novas soluções;
- um sistema internacional que estimule padrões sustentáveis de comércio e financiamento;
- um sistema administrativo flexível e capaz de autocorrigir-se.

2.1.2 Agricultura orgânica e agroecologia no desenvolvimento rural sustentável

A crise da “vaca louca”, além dos casos de contaminação por dioxinas e outros escândalos alimentares, tem provocado um forte impacto na opinião pública, especialmente nos países desenvolvidos. De acordo com Pollan (2001), citado por Olalde et al (2003), os alimentos geneticamente modificados provocaram uma corrida dos consumidores aos produtos orgânicos nos EUA, por terem segurança de que se trata de produtos isentos de modificações genéticas. A isto vieram se somar preocupações de caráter mais amplo, como a preservação dos recursos naturais, da paisagem, da biodiversidade, do meio ambiente, do emprego e da agricultura familiar, que fazem com que a agricultura e a produção alimentar passem a ser, cada vez mais, influenciadas por demandas de natureza ambiental e social.

Essas demandas se expressam na busca de um modelo para o sistema agroalimentar que respeite os princípios do desenvolvimento sustentável, representados pela solidariedade sincrônica e diacrônica entre gerações. Todavia, o desenvolvimento sustentável é mais um ideal do que um modelo já pronto.

A abrangência do conceito tem aberto espaço para diversas interpretações, onde cada grupo tenta fazer prevalecer e seu ponto de vista (OLALDE et al., 2003).

Assim, nos últimos anos está ocorrendo um aumento expressivo do consumo de produtos ecologicamente diferenciados, como os alimentos orgânicos, ou “bio” como são denominados na Europa. Este mercado movimentava atualmente mais de US\$ 20 bilhões no mundo, crescendo a uma taxa superior a 20% ao ano. Mas, com o crescimento da demanda por produtos orgânicos e a conseqüente atratividade deste mercado, começa a se difundir uma visão predominantemente mercadológica da produção orgânica, como um esforço orientado exclusivamente para diferenciar produto, agregar valor e ocupar “nichos” de mercado. Há, em contraposição, uma corrente que busca politizar o debate sobre a problemática sócio-ambiental, visando promover uma reestruturação profunda no modelo de organização do processo de produção, de distribuição e de consumo de alimentos, como parte de um processo mais amplo de construção de uma nova sociedade (OLALDE et al., 2003).

2.1.3 Do paradigma produtivista à agricultura sustentável

A agricultura sofreu inúmeras transformações desde que o homem percebeu que podia semear deliberadamente gerando produções direcionadas. No começo, a produção de bens de uso era muito diversificada, as técnicas e instrumentos utilizados eram simples e baseados na observação do ecossistema. Os insumos eram naturais e encontrados no próprio local, ou arredores. Esse processo foi se transformando ao longo do tempo. Mas, só a partir da Revolução Industrial é que a agricultura passa a ser mais e mais “artificializada”, com a crescente substituição dos arados a tração animal pelas máquinas agrícolas, a cada dia mais especializadas, e a utilização dos fertilizantes de síntese química, dos agrotóxicos, e das sementes melhoradas que possibilitariam, finalmente, a apropriação da agricultura pela indústria. Aliado a esta estava o capitalismo, e toda uma visão de mundo pragmático-utilitarista e mercantilista, desencadeando uma crescente substituição dos objetivos da produção que passa a privilegiar os bens orientados para o mercado (ALMEIDA, 2001).

Dentre as mais importantes descobertas científicas do século XIX que vai subsidiar o que hoje se denomina “agricultura moderna” está à formulação dos princípios químicos relativos à nutrição de plantas por Justus Von Liebig. Este pesquisador defendia a idéia de que a matéria orgânica poderia ser substituída com vantagens por seus elementos químicos essenciais e passou, ele próprio, a produzir os primeiros fertilizantes inorgânicos (EHLERS, 1999), desencadeando o processo industrial que iria representar a “galinha dos ovos de ouro” da indústria de insumos agrícolas do século XX, ao lado das máquinas, dos agrotóxicos e das sementes melhoradas, que viriam em seguida.

Assim, o processo de produção agrícola foi “liberado” da sua exclusiva dependência com relação à matéria orgânica e aos ciclos naturais de renovação da fertilidade, o que desencadeou o progressivo abandono de certas práticas tradicionais, como a rotação de culturas e a integração da produção animal e vegetal. A atividade agrícola passou a depender cada vez mais de insumos externos à propriedade, possibilitando uma extrema simplificação e homogeneização dos agroecossistemas, cuja expressão máxima são as extensas monoculturas – predominantes nos sistemas agrícolas modernos (OLALDE et al., 2003).

Para Romeiro (1998), o principal componente da demanda por fontes exógenas de nutrientes foi, exatamente, o desejo de praticar a monocultura por parte das elites agrícolas. Analisando a evolução da agricultura americana, o referido autor cita relatos dos anos 30 que falam da suposta “sujeira” dos fertilizantes orgânicos em contraste com a “limpeza” dos fertilizantes químicos, visão que também fazia parte das estratégias de marketing das empresas de fertilizantes químicos. A substituição da

monocultura de um cereal com preços atraentes por um sistema de rotação, visando à conservação do solo, era visto como algo irracional pelo fazendeiro americano preocupado em “fazer” dinheiro. Deste modo: “a América fazia com que os camponeses europeus imigrantes perdessem o sentido de longo prazo de seus antepassados” (ROMEIRO, 1998:80). A conservação de solo só entrava nas preocupações do agricultor quando sua degradação ameaçava a rentabilidade do negócio.

2.1.4 Agricultura orgânica

A origem desta forma de agricultura remonta às primeiras décadas do século XX, quando o inglês Sir Albert Howard, trabalhando na Índia com pesquisa agrícola, observou que apesar dos agricultores indianos não usarem fertilizantes químicos nem agrotóxicos na produção agrícola e animal, plantas e animais de tração apresentavam-se mais saudáveis que aqueles conduzidos dentro da lógica do sistema ocidental. Observou também que estes povos utilizavam várias técnicas de manejo da matéria orgânica para fertilizar os campos de cultivo, obtendo produções continuadas por longo período. Tomando por base estas observações, Howard realizou diversos estudos sobre compostagem e adubação orgânica. Mais tarde publicou obras importantes sobre o assunto como *An agricultural testament* (1940), considerada uma das mais relevantes referências bibliográficas para pesquisadores e praticantes do modelo orgânico (EHLERS, 1999; JESUS, 1996; SANTOS e MENDONÇA, 2001), citado por (OLALDE et al., 2003).

Apesar de não ter sido pela comunidade acadêmica ao retornar à Inglaterra, Howard fez alguns importantes seguidores que difundiram suas idéias como Lady Balfour e Rodale, aquela na Inglaterra e este nos EUA. No Brasil, este movimento difundiu-se a partir da fundação da Associação de Agricultura Orgânica (AAO) em São Paulo em 1989 (OLALDE et al., 2003).

A agricultura orgânica apresentava-se hoje como a linha de agricultura sustentável mais difundida no mundo. Uma importante instituição que adotou esta denominação foi a IFOAM (Federação Internacional dos Movimentos de Agricultura Orgânica), entidade com sede em Tholley- Thelley na Alemanha. A IFOAM já realizou 12 conferências científicas sobre agricultura orgânica, que vem cada vez mais sendo encarada como um lucrativo negócio, o que tem gerado alguns conflitos entre outras abordagens mais ligadas ao ecossocialismo” (JESUS, 1996:17).

2.2 A cultura da mamona: um enfoque socioeconômico

A mamona (*Ricinus Communis* L.) é um arbusto, onde através do seu fruto se obtém um óleo de importantes propriedades, de grande uso como insumo industrial. O seu óleo era usado desde a era colonial para lubrificar as engrenagens, os mancais dos engenhos de cana-de-açúcar e era também indicador do ponto de fervura da rapadura, onde era usada pelos senhores de engenho.

De acordo com Savy et. al.,(1999), o cultivo da mamona tem sido praticado no país, tradicionalmente, pelos pequenos e médios produtores, sendo que a maioria encontra-se no Estado da Bahia, onde é cultivada em regime de consórcio, principalmente feijão de arranca (*Phaseolus vulgaris* L.) (BELTRÃO, 2001).

Sendo o óleo considerado na industrialização da mamona o principal produto, tem-se como subproduto, a torta de mamona que é considerada um excelente adubo orgânico, capaz de restaurar terras esgotadas.

No endosperma das sementes da mamona, possui uma proteína altamente tóxica chamada ricina, tornando, assim inviável a torta da mamona como alimento animal. Pelo fato do seu alto teor de proteína existem projetos em andamento para desenvolver tecnologias economicamente viáveis de

destoxicação da torta de mamona, porém por se tratar de um processo muito complexo e ainda bastante caro, as usinas de óleo preferem vender a torta simplesmente como adubo orgânico.

Segundo Coelho (1979, p.46), citado por Santos et. al., (2001), cada 100 kg de mamona em bagas se obtém, em geral, 45 kg de óleo e 50 kg de farelo e torta; do óleo, 36 kg são do tipo 1, de melhor qualidade, obtidos por prensagem que geralmente é hidráulica, e 9 kg são do tipo 3, de qualidade inferior, obtidos por meio de prensagem com solvente químico.

O óleo de mamona é muito utilizado em processos industriais, tais como: fabricação de desinfetantes, corantes, anilinas, germicidas, inseticidas, vernizes, e etc.

Para o Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais S.A., (2000a, p. 2), o óleo de mamona é utilizado na biomedicina, na elaboração de próteses e implantes, substituindo o silicone, como ocorre em cirurgias ósseas, de mama e de próstata.

Da mamona se aproveita tudo, já que as folhas servem de alimento para o bicho-da-seda e, misturadas à forragem, aumentam a secreção láctea das vacas. A haste, além de celulose própria para a fabricação de papel, fornece matéria-prima para a produção de tecidos grosseiros (BANCO DE DESENVOLVIMENTO DE MINAS GERAIS S.A., 2000a, p. 2).

2.3 A cultura da mamona: um enfoque agrônômico

A mamoneira é uma cultura de clima quente e úmido de fácil adaptabilidade, que cresce e se desenvolve normalmente em solos de boa drenagem e que sejam férteis (FORNAZIERI JÚNIOR, 1986). De acordo com Beltrão (2002), caso os solos não sejam de elevada fertilidade natural, devem ser adubados, com fertilizantes químicos ou orgânicos.

Esta euphorbiaceae é citada freqüentemente como excelente cultura para compor o esquema de rotação de culturas da propriedade. Realmente é pela capacidade do seu sistema radicular, profundo e denso, de explorar camadas mais profundas do solo, que normalmente não são atingidas pelas culturas convencionais, como milho (*Zea mays* L.), feijão (*phaseolus vulgaris* L.), amendoim (*arachis hypogaea* L.), entre outras. Essa particularidade promove aumento na aeração e capacidade de retenção e distribuição da água no solo. O clímax desse benefício é atingido quando se incorporam os resíduos vegetais da cultura após a sua colheita (SAVY FILHO et al., 1999).

Para Savy Filho et al. (1999), o mais tradicional e importante subproduto da mamona é a torta. De acordo com Beltrão et al. (2002), a torta de mamona é importante na recuperação dos solos, pois é um excelente fertilizante orgânico, rico em nitrogênio (5% a 6%), fósforo, potássio e micronutrientes. A mesma pode ser usada em qualquer cultura, mesmo sem ter sido destoxicada (BELTRÃO, 2002). Depois de destoxicada via vapor (130° C, por 30 minutos), para neutralizar a ricina (uma proteína altamente tóxica presente no endosperma da semente da mamona), pode ser usada com sucesso na alimentação animal de ruminantes e alguns monogástricos, entrando na composição de rações balanceadas, em quantidades segundo a espécie, raça e idade dos animais (porco, galinha, boi, carneiro, caprinos, etc.). Segundo Beltrão (2002), citado por Nascimento (2003), a torta de mamona pode ainda ser usada no controle de algumas espécies de nematóides causadores de doenças nas plantas.

A torta de mamona bruta apresenta três componentes tóxicos e alergênicos, que são a ricina, a ricinina e o complexo alergênico CB-1A (WEISS, 1983).

De acordo com Loureiro (1962), do processamento industrial das bagas (sementes) de mamona, cada tonelada de óleo extraído corresponde a 1,28 toneladas de torta, que é tóxica, devido à presença da proteína ricina, que tem peso molecular de 60.000 e 5,9 de ponto isoelétrico, sendo um das mais potentes fitotoxinas, com dose letal para coelho de 0,5 mg/kg.

Além do uso como adubo e alimento animal, a torta de mamona pode ser usada como matéria-prima para a produção de aminoácidos, plásticos, em especial biodegradáveis, colas, inseticidas e outros produtos, (MACHADO et al. (1957). A torta da mamona ainda pode ser usada para controle de nematóides no solo em diversas culturas. Akhtar e Mohmood (1996) testaram diversos produtos no controle de nematóides, sendo um deles a torta de mamona colocada 15 dias antes do plantio na quantidade de 2.700 Kg/ha, equivalente a 110 kg/ha de nitrogênio. A torta promove o aumento do *Meloídogyne aquaticus* que é predador de várias espécies de nematóides causadores de doenças nas plantas.

2.4 Clima indicado para o plantio da mamona

De acordo com a CONAB (2003), a mamoneira (*Ricinus communis* L.), possui boa capacidade de adaptação e é encontrada, em nosso país, vegetando desde o Rio Grande do Sul até a Amazônia. Por se tratar de uma planta tolerante à seca e exigente em calor e luminosidade, está disseminada por quase todo o Nordeste, cujas condições climáticas são adequadas ao seu desenvolvimento, sendo a Bahia responsável por mais de 90% da produção nacional.

Para Seara (1989), a mamoneira necessita de chuvas regulares durante a fase vegetativa e de períodos secos na maturação dos frutos. Pluviosidades entre 600 e 700 mm proporcionam rendimentos superiores a 1,5 mil kg/ha (BELTRÃO; SILVA, 1999; Weiss, 1983). A maior exigência de água no solo ocorre no início da fase vegetativa, produzindo, com viabilidade econômica, em áreas onde a precipitação mínima, até o início da floração esteja entre 400 e 500 mm (BAHIA, 1995; TÁVORA, 1982).

Segundo Campos e Filho (1973), para um bom crescimento e maturação necessita temperaturas elevadas entre 25-30° C, pois quando o calor não é o bastante, a mamoneira perde o seu valor industrial, quase nada produz, a despeito de apresentar boas condições de vegetação. Afirma-se mesmo que o teor em óleo das sementes varia de acordo com a soma de calor recebido pela planta. As grandes altitudes também são desfavoráveis ao rendimento industrial das sementes.

Portanto, para evitar uma baixa produtividade e insucesso econômico, deve-se também evitar a implantação da mamona nas faces sujeitas a ventos fortes e em regiões de clima mais frios.

2.5 Solo indicado no plantio da mamona

A mamona é planta que vegeta bem nas regiões tropicais, sendo, portanto cultura de clima quente e úmido (CAMPOS e FILHO, 1973).

Segundo Weiss (1983), em solos com textura argilosa a mamoneira não se desenvolve bem, pois apresentam deficiência de drenagem, devido à sua sensibilidade ao excesso de água no solo. De acordo com Azevedo et al.; (1997); Hemerly (1981), citado por Neto et al., (2001) solos com fertilidade elevada favorecem o crescimento vegetativo excessivo, prolongando o período de maturidade e expandindo, consideravelmente, o período de floração.

O sistema radicular tem capacidade de explorar as camadas mais profundas do solo que, normalmente, não são atingidas pelas culturas convencionais como milho e feijão, promovendo aumento da aeração e da capacidade de retenção e distribuição da água no solo (SAVY FILHO et al., 1999). Apesar de suas raízes atingirem até 1,5 m de profundidade, a planta absorve cerca de 60% da água que consome dos primeiros 60 cm do solo (TÁVORA, 1982). Portanto, os solos profundos e de menores densidades permitem a obtenção de melhores resultados (NETO et al., 2001).

Solos salinos não são propícios à cultura da mamona, principalmente cultivares de portes anãos. Esses são classificados no limite inferior do grupo das culturas consideradas medianamente tolerantes à salinidade (solos de condutividade elétrica inferior a 4 mmho), abaixo do milho e consideravelmente

abaixo do algodão (RICHARDS, 1954). Cultivares de porte médio e alto encontram-se na faixa de tolerância entre 4-8 mmho (TÁVORA, 1982).

2.6 Resistência à salinidade

Na Índia e Paquistão, onde problemas de salinidade em grandes glebas de terra são críticos, esforços têm sido desenvolvidos no sentido de se selecionar tipos resistentes à salinidade. Sabe-se que plantas anãs são mais susceptíveis à salinidade do que plantas de porte médio e alto. Foram desenvolvidas na Índia as variedades Maru I e Maru II, que apresentam um rápido crescimento do sistema radicular e assim podem se desenvolver bem em zonas onde há pesadas mais infrequentes de precipitações (TÁVORA, 1982).

2.7 Adubação da mamona

A mamoneira é cultura que responde bem a aplicações de fertilizantes, tanto químicos como orgânicos. Entretanto deve-se ter cuidado na aplicação de adubos orgânicos ou fertilizantes nitrogenados, pois em quantidade excessiva favorece o desenvolvimento vegetativo com redução considerável da produção (CAMPO; FILHO, 1973).

De Geus (1967) em estudos realizados com a mamona determinou que para uma produção de 2.000 kg/ha de sementes e 1.333 kg/ha de casca a cultura retira do solo 80 kg de N; 18 kg de P; 32 kg de K; 12 kg de Ca e 10 kg de Mg.

As respostas da planta à aplicação de nitrogênio têm variado em função do nível de fertilidade do solo e do regime pluvial após a aplicação do fertilizante. No Kenia resultados em diversos locais revelam a grande variabilidade de respostas da cultura à aplicação desses nutrientes (TÁVORA, 1982).

Em São Paulo CANECHIO FILHO et al (1963) conduziram ensaios de adubação em cinco regiões. Os resultados são bastante significativos com aumento de 165 e 252% em relação à testemunha quando as dosagens 1 e 2 foram utilizadas. A análise individual do efeito de cada elemento revelou pequeno efeito do nitrogênio. O teor de óleo das sementes não foi afetado pela aplicação de fertilizantes. A aplicação do fósforo aumentou a precocidade da planta.

Ensaio de adubação combinados com densidade de plantio conduzidos no Estado do Ceará (PIRES, 1977) em dois municípios, revelaram significância para efeito de dose de nitrogênio em um local e de fósforo nos dois locais estudados.

As respostas da planta ao potássio em solos tropicais são pouco frequentes. Normalmente os solos dessas regiões são bem supridos com potássio disponível às plantas. Sabe-se que esse elemento estimula o crescimento do sistema radicular, conseqüentemente a deficiência desse elemento pode resultar em uma redução na resistência da planta à seca (TÁVORA, 1982).

Em condições de disponibilidade hídrica ideal, é indiscutível a boa resposta da planta à aplicação de fertilizantes nitrogenados e fosfatados.

No Sudeste dos Estados Unidos ZIMMERMAN (1958) recomenda o uso de 40 a 180 kg/ha de nitrogênio e 40 a 50 kg/ha de superfosfato para mamona irrigada. No Sul do Brasil, preconiza-se a aplicação de 150, 300 e 50 kg/ha de sulfato de amônia, superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente.

2.8 Biodiesel

De acordo com Parente (2003) são 5 (cinco) as alternativas possíveis de combustíveis que podem ser obtidos da biomassa, potencialmente capazes de fazer funcionar um motor de ignição por compressão. A experiência tem demonstrado que a alternativa mais viável tem sido o biodiesel.

O que tem sido denominado de biodiesel é um combustível renovável, biodegradável e ambientalmente correto, sucedâneo ao óleo diesel mineral, constituído de uma mistura de ésteres metílicos ou etílicos de ácidos graxos, obtidos da reação de transesterificação de qualquer triglicerídeo com um álcool de cadeia curta, metanol ou etanol, respectivamente (PARENTE, 2003).

Ainda de acordo com Parente (2003) a viabilidade técnica de um combustível para motores diesel deve ser vista sob os seguintes grupos de fatores: **Combustibilidade, Impactos Ambientais das Emissões, Compatibilidade ao Uso e Compatibilidade ao Manuseio.**

A **combustibilidade** de uma substância, proposta como um combustível, diz respeito ao seu grau de facilidade em realizar a combustão no equipamento na forma desejada, na produção de energia mecânica mais adequada. Em motores diesel a combustibilidade relaciona-se as seguintes propriedades essenciais do combustível: poder calorífico e o índice de cetano. A viscosidade cinemática e a tensão superficial, pelo fato de definirem a qualidade de pulverização na injeção do combustível, participam também como fatores de qualidade na combustão.

Os **impactos ambientais** das emissões constituem uma característica básica importante, pois a fauna e a flora precisam ser preservadas. O teor de enxofre e de hidrocarbonetos aromáticos, além da combustibilidade, são características importantes inerentes aos impactos das emissões.

A **compatibilidade ao uso** diz respeito à longevidade, não somente do motor como dos seus entornos, representada pela lubrificidade e pela corrosividade, sendo esta última, definida principalmente pelo teor de enxofre e pela acidez do combustível.

A **compatibilidade ao manuseio**, diz respeito aos transportes, aos armazenamentos e a distribuição do combustível, sendo a corrosividade, a toxidez e o ponto de fulgor as propriedades mais importantes. No inverno dos países mais frios, o ponto de fluidez torna-se também uma importante propriedade, sinalizando para a adição de aditivos anticongelantes.

As características físicas e químicas do biodiesel são semelhantes entre si, independentemente de sua origem, isto é, tais características são quase idênticas, independente da natureza da matéria prima e do agente de transesterificação, se etanol ou metanol.

O biodiesel oriundo do óleo de mamona foge um pouco dessa regra no que diz respeito à viscosidade. No entanto, as demais propriedades são inteiramente equivalentes. Todavia, o uso do biodiesel de mamona em misturas com o óleo diesel mineral constitui um artifício para corrigir tal distorção. Além disso, estudos mostram que a lubrificidade do biodiesel de mamona é a maior, entre os produzidos a partir de outras matérias primas.

2.9 Torta de mamona

A torta de mamona é um subproduto da extração do óleo das sementes da mamoneira (*Ricinus communis* L.). Trata-se de produto com elevado teor de proteínas que é produzido na proporção aproximada de 1,2 tonelada para cada tonelada de óleo extraída (AZEVEDO e LIMA, 2001), valor que pode variar de acordo com o teor de óleo da semente.

Seu alto teor de proteína, apresentado na tabela 1, torna-lhe atraente como alternativa para alimentação animal, porém a presença de princípios tóxicos de difícil eliminação têm tornado inviável essa alternativa, porém, viável como adubo orgânico.

Tabela 1 – Composição química da torta de mamona.

Fração	Teor
Matéria seca	91,5%
Proteína bruta	42,5%
Fibra	20,04%
Cálcio	0,68%
Fósforo	0,78%
Extrato etéreo	4,23%

Fonte: Souza, 1979.

Devido à inexistência de método seguro para sua destoxicação, a torta tem sido utilizada predominantemente como adubo orgânico que tem menor valor que o alimento animal. No entanto se ela for destoxicada pode ser utilizada como alimento animal, aumentando seu preço de R\$ 300,00/t para cerca de R\$ 750,00/t. Quer dizer: o volume de torta a ser produzido anualmente poderá ter valor elevado de R\$ 600 milhões (vendida como adubo) para R\$ 1,5 bilhões (vendida como ração animal). Além de aspectos financeiros gerados com a agregação de valor ao produto, devem ser considerados aspectos ambientais, econômicos, sociais e de desenvolvimento regional.

Atualmente, está sendo desenvolvido um conjunto de ações e projetos envolvendo diversas instituições públicas e privadas com o objetivo de utilizar o óleo de mamona como fonte energética alternativa ao diesel mineral (biodiesel). No presente ano de 2008, diversas lavouras já foram plantadas com este objetivo e estima-se que em 2009 e nos anos seguintes a área plantada terá grande crescimento. Embora o foco principal seja obtenção do óleo, a torta é um co-produto de alto valor, cuja receita de venda é essencial para que o biodiesel obtido da mamona seja economicamente viável.

Na Índia, principal país produtor de mamona do mundo, cerca de 85% da torta de mamona é utilizada como fertilizante orgânico (KONNUR e SUBBARÃO, 2004; UDESHI, 2004). Além de ser uma excelente fonte de Nitrogênio, cuja liberação não é tão rápida quanto à de fertilizantes químicos, nem tão lenta quanto à de esterco animal, apresenta ainda propriedade inseticida e nematicida (DIRECTORATE OF OILSEEDS RESEARCH, 2004).

Alguns estudos já demonstraram a rapidez com que a torta de mamona se mineraliza e conseqüentemente disponibiliza seus nutrientes. Segundo Jones (1947) citado por Bon (1977), entre 75 e 100% do nitrogênio da torta de mamona foi nitrificado em três meses. Severino et al. (2004) demonstraram que a velocidade de mineralização da torta de mamona, medida pela respiração microbiana, é cerca de seis vezes mais rápida que a de esterco bovino e quatorze vezes mais rápida que o bagaço de cana.

É aconselhável que a torta, mesmo sendo usada como adubo, passe pelo processo de destoxicação e desalergenização, pois, como relatado por Small (1952) citado por Icoa (1989), a aplicação deste produto pode causar alergia aos trabalhadores da proximidade para onde a poeira da torta pode ser levada pelo vento, além de poder provocar intoxicação de animais domésticos. Por outro lado, de acordo com Severino (2005) a destoxicação provavelmente diminua o efeito nematicida do produto que é um importante atrativo.

Prevê-se que a quantidade de torta de mamona produzida seja em torno de 500 mil toneladas/ano dentro de pouco tempo, fazendo com que esse produto torne-se uma das principais alternativas de adubo orgânico em nossa região e de alimento animal. Justifica-se, assim, a prioridade no domínio da tecnologia para agregação de valor ao produto e fortalecimento da viabilidade econômica dessa cadeia produtiva que terá grande impacto econômico e social no semi-árido da Região Nordeste.

2.9.1 Substâncias tóxicas

A toxidez da torta de mamona é causada pela presença de três substâncias: ricina (uma proteína), ricinina (um alcalóide) e CB-1A (um complexo alergênico) (MOSHKIN, 1986; GARDNER et al., 1960).

A ricina é uma proteína encontrada exclusivamente no endosperma das sementes de mamona, não sendo detectada em outras partes da planta, como raízes, folhas ou caules. Ela é a principal responsável pela toxidez da torta de mamona e está entre as proteínas de maior toxidez conhecida pelo homem (MOSKIN, 1986). Trata-se de uma proteína com duas subunidades de aproximadamente 34 kDa e que biologicamente possuem diferentes funções (OLSNES e KOZLOV, 2001; NARANG et al., 1997). A ricina classifica-se como uma lectina, ou seja, uma proteína que têm um sítio receptor específico para um açúcar ou uma unidade de oligossacarídeo.

A ricinina é um alcalóide que pode ser encontrado em todas as partes da planta, podendo ser detectado desde as fases iniciais de desenvolvimento (HOLFELDER, 1998). O teor de ricinina varia muito entre partes da planta: 1,3 % nas folhas (matéria seca), 2,5% em plântulas estioladas, 0,03% no endosperma da semente e 0,15% na casca da semente (MOSHKIN, 1986). O teor do alcalóide nas sementes é influenciado por características genéticas, por estresse ambiental e correlaciona-se negativamente com o teor de ricina nas sementes. No fruto, o teor de ricinina é alto na cápsula externa, médio na casca da semente e pequeno no endosperma da semente (MOSHKIN, 1986).

A fração alergênica é formada por um complexo de proteínas e polissacarídeos denominado CB-1A. Esta substância está presente na semente, pólen e partes vegetativas da planta. Em pessoas expostas continuamente ao CB-1A podem surgir sintomas alérgicos como conjuntivite, fobia à luz, faringite, dermatite urticária e bronquite asmática, embora não tenham sido constatados sintomas alérgicos em animais (TÁVORA, 1982). Em um levantamento feito por Weiss (1971), citado por Távora, (1982), o teor de CB-1A na torta de diversas cultivares variou entre 6,1% e 9,0%. Quando a torta de mamona é utilizada como alimento animal, o CB-1A não representa grande entrave, pois sua alergenicidade só é danosa quando ele é injetado ou absorvido pela respiração o que só acontece se houver exposição a grandes quantidades do produto em ambiente pouco ventilado.

Portanto, entre as três substâncias potencialmente danosas presentes na torta, a ricina é a que merece maior atenção, por ser o fator limitante do uso da torta como alimento animal, porém como adubo orgânico ela é ambientalmente e economicamente viável.

2.10 Composto de lixo orgânico

Tanto a torta de mamona como o composto de lixo orgânico são adubos orgânicos que estão sendo muito usados atualmente na agricultura familiar por serem adubos de excelente qualidade para o solo no cultivo das plantas e em particular para a mamoneira.

A compostagem vem sendo utilizada há bastante tempo para estabilização dos variados resíduos agrícolas e apresenta-se, atualmente, como uma alternativa viável para o processamento da parte orgânica do lixo urbano. A produção de composto orgânico a partir de lixo orgânico urbano, surge como nova fonte de adubo de alta qualidade para as plantas, principalmente para agricultura familiar (TEIXEIRA et al, 2002a).

O processo de compostagem mais usual, a partir de lixo orgânico urbano, na produção de composto orgânico é o de leira por revolvimento. A decomposição da matéria orgânica é realizada pelo processo aeróbio e a introdução do oxigênio na leira ocorre através do revolvimento periódico da massa de compostagem. Em grandes usinas, o processo geralmente é o de leira estática aerada, com a introdução de oxigênio por bomba de ventilação. Esse processo requer homogeneidade do material e granulometria que permita a aeração em baixa pressão (TEIXEIRA et al, 2004).

Os adubos orgânicos apresentam características diferentes quanto aos teores de nutrientes, em face, principalmente, da origem do mesmo. A aplicação de adubos orgânicos em solos, além do efeito direto no suprimento de nutrientes para as plantas, melhora as condições físicas e biológicas desses solos e contribui para baixar os teores de alumínio trocável (COSTA, 1983; MAZUR et al, 1983a; MAZUR et al, 1983b; GIBSON, 1992).

Uma maneira proveitosa de se utilizar a matéria orgânica é oferecida pela técnica (relativamente recente) de compostagem conhecida como vermicompostagem (FILHO, 1999).

A compostagem/vermicompostagem surge então como uma alternativa interessante não só pelo aproveitamento da fração orgânica biodegradável do lixo, que pode ser tratada (estabilizada) e transformada num composto orgânico de excepcional qualidade, o húmus, como também por contribuir à minimização dos impactos ambientais, ao aumento de vida útil dos aterros sanitários, à geração de empregos, etc.

De acordo com Filho (1999) o lixo, resultante das atividades humanas em aglomerações urbanas, compõe-se basicamente de sobras de alimentos, papéis, papelões, plásticos, vidros, metais, trapos, resíduos de jardinagem, entulhos, etc. Estudos demonstram que cerca de 60% dos constituintes do lixo urbano são matéria orgânica biodegradável.

Em estudo realizado por Costa (2001), no Campus I da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), no município de Campina Grande, sobre a qualidade e quantidade de resíduos sólidos gerados por semana, demonstrou que do total (lixo de aterro, lixo orgânico, lixo patogênico, papel, plástico, vidro e metal) o lixo orgânico se sobressaiu num percentual de 82,3%.

A compostagem pode ser definida como um processo aeróbico e controlado de decomposição biológica e estabilização da matéria orgânica em condições que permitam o desenvolvimento de temperaturas termofílicas (controladas para não ultrapassarem valores máximos em torno de 65° C) resultantes de uma produção calorífica de origem biológica, com obtenção de um produto final estável, higiênico, rico em compostos húmicos e cuja utilização, no solo, não ofereça riscos ao meio ambiente (MUSTIN, 1987).

Segundo Filho (1999), os fatores que influenciam a compostagem são: Aeração, temperatura, Umidade, pH, Tamanho das partículas, Relação Carbono/Nitrogênio, Microrganismos, Preparo da matéria orgânica para a compostagem e Montagem das leiras de compostagem.

Aeração: a técnica de compostagem pelo processo aeróbio necessita do oxigênio livre retirado do ar. A aeração da massa dos resíduos a compostar pode ser produzida tanto por insuflação de ar quanto por reviramento (mecânico ou manual). Outra função da aeração consiste em reduzir (controlar) a temperatura e afogar a massa em compostagem.

Temperatura: o processo tem início em temperatura ambiente. No processo controlado de decomposição biológica da matéria orgânica a temperatura aumenta passando pelas três seguintes fases: 1ª fase – mesofílica: 20 - 45° C; 2ª fase – termofílica: 45 – 65° C; 3ª fase – mesofílica: 20 - 45° C (volta à temperatura ambiente).

Essas fases são distinguíveis desde que sejam feitos os reviramentos periódicos e observada a variação da temperatura. O reviramento pode ser feito de duas a três vezes por semana ou sempre que a temperatura estiver próxima dos 65° C. Temperaturas abaixo da indicada não eliminam organismos patogênicos e sementes de ervas daninhas; temperaturas acima de 65° C retardam ou encerram o processo.

Umidade: a umidade ideal para o processo de compostagem situa-se entre 50 e 55%. Quando abaixo de 40%, a umidade inibe a atividade microbiana; quando acima de 60%, ela pode promover anaerobiose na massa em compostagem ao tomar os espaços ocupado pelo ar. Haverá então produção de chorume, líquido negro, de pH ácido, rico em microrganismo e com alta carga orgânica. O excesso de umidade do composto pode ser corrigido mediante reviramentos periódicos e a falta de umidade

corrigida por meio de irrigação. A correção da umidade deve ser feita quando houver reviramento, para que o composto seja umedecido iniformente e não haja produção de chorume.

pH: no decorrer da compostagem vários processos fazem variar o pH. No início do processo há uma diminuição do pH (fase de acidogenese), quando há intensa produção de gás carbônico e ácidos orgânicos. Em uma fase subsequente, com a produção de amônia, há elevação do pH. Na fase de maturação, o pH se estabiliza próximo à neutralidade devido ao poder tampão do húmus.

Tamanho das partículas: o tamanho das partículas é de fundamental importância para o bom desempenho da compostagem. O material a compostar deve ter granulometria uniforme, com partículas de diâmetro capaz de oferecer grande área superficial para ação dos microrganismos. Porém, se forem muito reduzidas obstruem os espaços de aeração e tornam muito compacta a massa. Na prática o tamanho das partículas deve estar entre 10 e 50 mm (KIEHL, 1985) para que haja uma boa aeração e maior velocidade na decomposição da matéria orgânica.

Relação Carbono/Nitrogênio: o carbono e o nitrogênio são de extrema importância para o desenvolvimento do processo, por serem fatores limitantes à vida microbiana. O carbono é tido como fonte de energia e o nitrogênio influencia diretamente na reprodução dos microrganismos. Para o início do processo de compostagem a relação Carbono/Nitrogênio deve ser da ordem de 30:1 (KIEHL, 1985).

As fontes comuns de carbono e nitrogênio são:

- Carbono: encontrado em capins, vegetais secos, palhas, bagaço de cana, etc.
- Nitrogênio: presente em legumes, lodo, vegetais frescos, torta de mamona, etc.

Quando houver na relação C/N excesso de carbono o processo de compostagem fica mais lento. Quando ocorrer o contrário, vai haver perda de nitrogênio através da liberação de amônia.

Microrganismos: a compostagem é uma bio-oxidação da matéria orgânica conduzida por uma grande variedade de microrganismos. A diversidade, sobretudo de bactérias, fungos e actinomicetos favorece a boa compostagem.

Preparo da matéria orgânica para a compostagem: a matéria-prima deve estar em condições de umidade (55%), livre de materiais inertes e de grandes dimensões, sua relação C/N na faixa de 30:1 e a granulometria deve estar entre 10 e 50 mm.

Quando se trabalha a compostagem do lixo urbano não há a necessidade de se acrescentar outros materiais como forma de enriquecimento do lixo de vez que ele já é bastante completo em si mesmo, reunindo tudo o que exige uma boa compostagem. Para outros tipos de resíduos como, por exemplo, lodos, há necessidade da adição de materiais palhosos para aumentar a relação C/N. Se o resíduo for palhoso, precisa-se adicionar materiais para baixar a relação C/N, por exemplo, esterco ou lodo de esgoto.

Montagem das leiras de compostagem: o material a compostar, após ser bem homogeneizado, pode ser montado em forma cônica (pilhas) ou em forma prismática (leiras). As pilhas são montadas quando se tem pouco material não devendo exceder a 1,6 m de altura. Quando se tem muito material deve-se montá-lo em forma de leiras na altura de 1,6 m, sendo que o comprimento varia de acordo com a quantidade de material a ser compostado (PEREIRA NETO, 1996).

2.11 Compactação do solo

A compactação do solo refere-se à compressão do solo não saturado, durante a qual ocorre um aumento da densidade, em consequência da redução de volume pela expulsão do ar (DIAS JR. e PIERCE, 1996). Adensamento, por sua vez, é o fenômeno de deposição de partículas menores no espaço poroso, devido à desagregação da estrutura física do solo, causando aumento da massa de determinada porção do solo e mantendo constante o volume inicial, o que causa, também, aumento da densidade do solo, porém sem participação direta da pressão.

Pesquisadores têm demonstrado claramente o efeito da compactação nas propriedades físicas do solo. A compactação aumenta a densidade e sua resistência mecânica (HILLEL, 1982; MORAES;

1984), mas diminui a porosidade total, o tamanho e a continuidade dos poros (HILLEL, 1982; MORAES; 1984; SMUCKER e ERICKSON, 1989). A compactação do solo pode ter efeitos benéficos, atribuídos à melhoria do contato solo-semente (SMUCKER e ERICKSON, 1989) e ao aumento da disponibilidade de água em anos secos (RAGHAVAN e MICKYES, 1983). Entretanto, a compactação excessiva pode limitar a adsorção e/ou absorção de nutrientes, infiltração e redistribuição de água, trocas gasosas e desenvolvimento do sistema radicular (SMUCKER e ERICKSON, 1989), resultando em decréscimo da produção, aumento da erosão e da potencia necessária para o preparo do solo (SOANE, 1990).

O problema de compactação/adensamento do solo vem aparecendo sistematicamente na região do Cerrado, onde os sistemas convencionais de manejo do solo promovem a desagregação excessiva da camada arável, o encrostamento superficial e a formação de camadas coesas ou compactadas, denominadas pé-de-grade ou pé-de-arado (FREITAS, 1994). Como alternativa, os agricultores vêm adotando o Sistema Plantio Direto (SPD). Baseado na ausência de movimentação do solo e na manutenção de resíduos orgânicos na superfície do solo, o SPD altera a dinâmica da matéria orgânica e da atividade biológica modificando, principalmente, os processos intrínsecos do solo, provocando alterações na sua estrutura e na dinâmica físico-hídrica. Em várias situações, porém, têm sido relatadas ocorrências de aumento da densidade do solo e diminuição da macroporosidade com o uso do SPD. Este processo, diagnosticado como compactação devido ao fato de, supostamente, prejudicar o crescimento das raízes e o movimento vertical de água, faz com que o agricultor seja obrigado a movimentar o solo, desfazendo o trabalho biológico e físico de vários anos, destruindo a estrutura do solo, provoca a rápida mineralização da matéria orgânica e prejudica a atividade biológica.

Com a compactação, ocorrem reduções significativas, principalmente no volume de macroporos, enquanto os microporos permanecem praticamente inalterados (HILLEL, 1982). Isto afeta a infiltração da água no solo, que está relacionada diretamente com a macroporosidade do solo. Os macroporos são também importantes para o crescimento das raízes (WANG et al. 1986) e para o movimento de solutos (BEVEN e GERMAN, 1982). Assim, a medição e a caracterização da transmissão de água nos macroporos do solo podem ser usadas para avaliar o grau de compactação do solo. Para isto, a técnica do infiltrômetro de tensão é bastante promissora (SMETTEM e CLOTHIER, 1989; REYNOLDS e ELRICK, 1991). O método, *in situ* requer um mínimo de perturbação do solo, é relativamente rápido e opera efetivamente na faixa de carga de pressão da água (P) dos poros, próximo de zero, ou faixa dos macroporos ($-15 \text{ cm} \leq P \leq 0 \text{ cm}$ de água; WATSON e LUXMORE, , 1986) em que os macroporos do solo são considerados hidraulicamente ativos e importantes para a transmissão de água e solutos (SMETTEM e CLOTHIER, 1989; ANKENY et al., 1990; CLOTHIER et al. 1992). Além disso, o método pode medir duas das mais significativas propriedades da transmissão de água dos macroporos do solo, chamadas condutividade hidráulica próximo da saturação e raio médio ponderado do poro, para fluxo (WHITE et al., 1992). O uso desta técnica possibilitaria o diagnóstico mais preciso do processo de adensamento e de compactação, permitindo que os problemas físicos do solo observados no plantio direto, sejam corrigidos dentro do sistema, com a rotação de culturas, o uso de culturas de cobertura (subsolagem biológica) e com uso de rompedores na semeadura.

A compactação do solo diminui o volume de solo explorado pelas raízes, podendo, assim reduzir a absorção de P e K, especialmente em solos com baixos níveis desses nutrientes (DOLAN et al., 1992). Em experimento com soja, Borges et al. (1988), verificaram que à medida que se aumentou a compactação, houve aumento de sintomas de deficiências de nutrientes nas folhas, semelhantes aos descritos para nitrogênio e potássio.

Respostas da soja à compactação do solo têm sido inconsistentes e dependem da precipitação pluvial no período de crescimento da planta (JOHNSON, et al., 1990). Em experimento em vasos, Singh et al. (1971), observaram decréscimo na altura da planta, na massa da parte aérea e no número de folhas, quando elevaram a densidade de dois solos de 1,1 para 1,6 g/cm³.

Porções de solo compactadas na superfície reduziram 15% a produção de soja, enquanto porções de solo compactadas em subsuperfície provocaram redução na altura das plantas. Esse decréscimo no crescimento vegetativo não resultou em decréscimo proporcional na produtividade de grãos (JOHNSON, et al., 1990).

Moraes (1988) determinou que a produção de matéria seca de raízes de soja era reduzida 50% quando a resistência à penetração era de, aproximadamente, 0,12 MPa em latossolo roxo. O crescimento radicular foi impedido quando a densidade global atingiu 1,3 e 1,23 g/cm³, respectivamente, para os dois solos, Embora não se tenham encontrado outras referências na literatura, tais valores são muito baixos quando comparados aos obtidos para outras culturas, como milho, algodão (MISRA et al., 1986), ervilha (BENGOUGH e YOUNG, 1993), amendoim e tomate (DEXTER, 1987).

2.0 MATERIAL E MÉTODOS (Experimento I)

A pesquisa constou de dois experimentos, no experimento I avaliou-se o crescimento da planta, bem como sua Fisiologia e Bioquímica e as propriedades físicas e químicas do solo, no experimento II avaliou-se desde o crescimento até a produção econômica, de acordo com os dados citados a seguir:

2.1 - Data e local

O experimento I teve início no período de 02 de maio de 2005 e se estendeu até 02 de setembro de 2005, em casa-de-vegetação, sem controle de ambiente, do Centro Nacional de Pesquisa do Algodão (CNPQ/Embrapa), no município de Campina Grande, Estado da Paraíba – Brasil, com as seguintes coordenadas geográficas: 7°15'18" de latitude sul, 35°52'28" de longitude Oeste do Meridiano de Greenwich e altitude de 550 m.

2.2 Clima

O clima da região, de acordo com a classificação climática de Koppen adaptada ao Brasil (COELHO e SONCIN, 1982), é o tipo "CSa", que representa um clima mesotérmico, semi-úmido, com verão quente e seco (4 a 5 meses) e chuvas de outono e inverno. Os meses de junho e julho são os mais frios com médias inferiores a 20°C (IBGE, 2000).

2.3 Material utilizado no experimento

2.3.1 O solo

De acordo com o Sistema brasileiro de classificação de solos, Embrapa (1999), o solo usado para a condução do experimento foi classificado como (NEOSSOLO REGOLÍTICO EUTRÓFICO de textura areia franca) do município de Lagoa Seca, Estado da Paraíba, Brasil, cujas análises químicas (fertilidade) e física estão apresentadas, respectivamente, nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2 – Características químicas (fertilidade) do solo usado no experimento. Embrapa Algodão, Campina Grande – PB, 2005.

pH H ₂ O	Complexo Sortivo (mmol _c /dm ³)							%	mmol _c /dm ³	mg/dm ³	g/kg
	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	S	H+Al	T				
01:02,5								V	Al ⁺³	P	MO
7,1	32	16	1,5	3,4	52,9	0	52,9	100	0	133	10,6

Análises realizadas no Laboratório de Solo da Embrapa Algodão. Campina Grande, PB. 2005.

MO = Matéria Orgânica

S = Soma de bases trocáveis do solo, mais a acidez hidrolítica (H+ Al), que no caso foi zero.

T = S+ H + Al

V = 100 S / T, saturação de bases trocáveis do solo.

Tabela 3 – Características físicas do solo usado no experimento. Embrapa Algodão, Campina Grande, PB, 2005.

Densidade – kg/dm ³			Granulometria - g/kg				Classificação Textural
Global	Real	Porosidade Total m ³ /m ³	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	
1,49	2,46	39,27	474	366	136	23	Areia Franca

Análises realizadas no Laboratório de Solo da Embrapa Algodão. Campina Grande, PB. 2005.

2.3.2 A torta de mamona

O óleo é o principal produto da mamona, que é extraído das sementes e tem inúmeras aplicações na indústria química, como cosméticos, lubrificantes para motores e mais recentemente biodiesel. Como co-produto originado da extração tem-se a torta, que é rica em nitrogênio, fósforo e potássio, utilizada para a recuperação de solos desgastados. Para cada tonelada de sementes de mamona processada estima-se que sejam gerados 530 kg de torta (SEVERINO, 2005), quantitativo muito significativo para o produtor, que pode aplicar este produto como fertilizante orgânico de baixo custo associado ou em substituição ao fertilizante químico para o aumento da produtividade da cultura. Este procedimento visa à obtenção da sustentabilidade da exploração da cultura, uma vez que seus custos serão reduzidos, mantendo a viabilidade econômica e social e simultaneamente, preservando a qualidade e alta produtividade do solo.

Utilizou-se no experimento torta de mamona produzida a partir de sementes da cultivar BRS Nordestina, cultivadas no município de Quixeramobim, Estado do Ceará, Brasil. O processo industrial constou de prévio aquecimento da semente e prensagem para extração mecânica do óleo. A composição química da torta consta na Tabela 4.

Tabela 4 - Teores de Umidade, Óleo, Proteína bruta, Cinzas, N, P e K da torta de mamona usada no experimento. Embrapa Algodão, Campina Grande, PB, 2005.

Umidade	Óleo	Proteína bruta	Cinzas	N	P	K
8,13%	13,1%	28,74%	12,11%	4,6%	3%	0,96%

Fonte: Costa et al. (2004), trabalho publicado no I Congresso Brasileiro de Mamona. Análises feitas no Laboratório de Química da Embrapa Algodão, Campina Grande, PB, 2004.

2.4 Descrição da cultivar da mamoneira utilizada no experimento

Foi utilizada no experimento a cultivar BRS Paraguaçu, safra de 2004/2005, ciclo de 230 dias, produzida no município de Garanhuns, Estado de Pernambuco, Brasil. As plantas dessa cultivar têm altura média de 1,60 m, caule de coloração roxa, com cera, racemo oval, frutos semideiscentes e sementes de coloração preta.

O período entre a emergência da plântula e a floração do primeiro racemo é de 54 dias em média, o peso médio de 100 sementes é de 71 g, o teor médio de óleo na semente é de 47,72% e a produtividade média sem adubação, é de 1.500 kg/ha, nas condições semi-áridas do Nordeste, em anos normais, quanto à precipitação pluvial (FOLDER - cultivar da mamona BRS Paraguaçu – Embrapa Algodão, 1998).

2.5 A água de irrigação

A água foi levada à planta de forma manual, duas vezes por dia, utilizando-se um regador. A quantidade de água colocada foi de acordo com as necessidades hídricas da planta e o tipo foi à de abastecimento do município de Campina Grande, Estado da Paraíba - Brasil, cujas características físico-químicas encontram-se na Tabela 5.

Tabela 5 - Composição físico-química da água de abastecimento usada no experimento. Embrapa Algodão- Campina Grande – PB –2005.

pH	C.E. (dS.m ⁻¹)	DQO (mg.L ⁻¹)	Mg (mg.L ⁻¹)	HCO ₃ (mg.L ⁻¹)	Alcalinidade (mg.L ⁻¹)	Ca (mg.L ⁻¹)
7,89	0,59	30	76	66,92	80	113
Amônia	Nitrito	Nitrato	Fósforo total	Ortofosfato	Sólidos suspensos totais	Sólidos totais
------(mg.L ⁻¹)-----						
0,88	0,00	0,18	0,09	0,05	5	454

Análises realizadas no Laboratório de Análises químicas, físicas e microbiológicas do PROSAB – Campina Grande – PB – 2002. Fonte: Nascimento, 2003.

2.6 As unidades experimentais

Foram utilizadas como unidades experimentais no experimento colunas de PVC, tendo como medidas 19,5 cm de diâmetro e 45 cm de altura (Figura 1).



Figura 1 – Unidades experimentais utilizadas no experimento I

2.7 Tratos culturais

2.7.1 Plantio

O plantio ocorreu no dia 16/05/2005, após uma semana do solo compactado e ter atingido sua capacidade de campo, ou seja, até a completa drenagem das unidades experimentais, utilizando-se três sementes, sendo uma semente por cova com três centímetros de profundidade em cada coluna de PVC.

2.7.2 Germinação e desbaste das plântulas

As sementes germinaram com 7 dias após o plantio (22/05/2005). A germinação foi 100% em todas as colunas de PVC. O desbaste foi feito no dia 30/05/2005, deixando-se uma planta por coluna.

2.7.3 Delineamento experimental e tratamentos

Utilizou-se no experimento o delineamento experimental em blocos casualizados, em esquema de análise fatorial (4 x 4), com 3 repetições, sendo os fatores: quatro níveis de densidades do solo (1,4; 1,6; 1,8 e 2,0 kg dm⁻³) e quatro doses de torta de mamona (0,0; 2,0; 4,0 e 6,0 t ha⁻¹). Na Figura 2, encontra-se a distribuição dos blocos e tratamentos do experimento I.

Foram testados 16 tratamentos, onde 1,4 kg.dm⁻³ é considerado como densidade natural do solo. Os tratamentos testados foram:

- T₁ – densidade 1,4 kg dm⁻³, dose 0,0 t ha⁻¹ de torta ;
- T₂ - densidade 1,4 kg dm⁻³, dose 2,0 t ha⁻¹ de torta;
- T₃ - densidade 1,4 kg dm⁻³, dose 4,0 t ha⁻¹ de torta;
- T₄ - densidade 1,4 kg dm⁻³, dose 6,0 t ha⁻¹ de torta;
- T₅ - densidade 1,6 kg. dm⁻³, dose 0,0 t ha⁻¹ de torta;
- T₆ - densidade 1,6 kg .dm⁻³, dose 2,0 t ha⁻¹ de torta;
- T₇ - densidade 1,6 kg .dm⁻³, dose 4,0 t ha⁻¹ de torta;
- T₈ - densidade 1,6 kg. dm⁻³, dose 6,0 t ha⁻¹ de torta ;
- T₉ - densidade 1,8 kg.dm⁻³, dose 0,0 t ha⁻¹ de torta;
- T₁₀ - densidade 1,8 kg. dm⁻³, dose 2,0 t ha⁻¹ de torta;
- T₁₁ - densidade 1,8 kg. dm⁻³, dose 4,0 t ha⁻¹ de torta;
- T₁₂ - densidade 1,8 kg. dm⁻³, dose 6,0 t ha⁻¹ de torta ;
- T₁₃ - densidade 2,0 kg. dm⁻³, dose 0,0 t ha⁻¹ de torta;
- T₁₄ - densidade 2,0 kg. dm⁻³, dose 2,0 t ha⁻¹ de torta;
- T₁₅ - densidade 2,0 kg. dm⁻³, dose 4,0 t ha⁻¹ de torta;
- T₁₆ - densidade 2,0 kg. dm⁻³, dose 6,0 t ha⁻¹ de torta .



Figura 2- Distribuição dos blocos e tratamentos do experimento na casa-de-vegetação da Embrapa Algodão. Campina Grande – PB, 2005.

2.8 Compactação e adubação do solo

A compactação foi feita de forma manual, utilizando-se um pilão de madeira para compactar o solo e, assim, atingir os níveis de densidades desejados (Figura 3). Em cada tubo de PVC foi delineado com lápis em sua parede interior uma linha (localizada de acordo com a densidade a ser utilizada) para produzir densidades iguais a: 1,6; 1,8 e 2,0 kg.dm⁻³ (Figura 3). O nível de densidade mais baixo (1,4 kg.dm⁻³ - densidade natural do solo), não houve compactação, o solo foi colocado dentro do tubo de PVC.



Figura 3 – Forma e delineamento da compactação do solo.

Antes da compactação, o solo foi pesado tomando-se como base a determinação da densidade natural que foi de 1,4 kg/dm³. Para a determinação das densidades testadas multiplicou-se o volume da coluna de PVC (14 L) pelas seguintes densidades (1,4; 1,6; 1,8 e 2,0 kg/dm³) obtendo-se os respectivos pesos de solo que foram compactados; 5,00; 7,00; 6,54 e 7,30 L/coluna de PVC.

A adubação das plantas foi realizada em mistura com o solo antes da compactação adicionando-se as seguintes recomendações: 0,0 - 0,2 - 0,4 e 0,6 g, equivalente a 0,0; 2,0; 4,0 e 6,0 t ha⁻¹ respectivamente de matéria orgânica. A fonte utilizada foi à torta de mamona cuja composição química encontra-se na Tabela 4.

2.9 Descrição das variáveis analisadas

♦ **Variáveis relacionadas ao crescimento da mamoneira aos 15, 30, 45, 60 e 75 dias após a emergência das plântulas:**

- Altura de planta;
- Diâmetro caulinar;
- Área foliar/planta (AF/P);
- Comprimento das raízes;
- Peso de matéria seca das raízes;
- Peso seco fitomassa aérea;
- Relação raiz/fitomassa aérea;

◆ Variáveis relacionadas à fisiologia e a bioquímica da planta da mamoneira:

- Conteúdo de clorofila nas folhas (leitura direta) aos 30 dias após a emergência das plântulas, na terceira folha de cima para baixo;
- Conteúdo de Potássio nos pecíolos (leitura direta);
- Análise foliar de macronutrientes;

◆ Variáveis relacionadas ao solo:

- Velocidade de infiltração da água no solo (final do experimento);
- Análise física do solo no início do experimento;
- Análise química (fertilidade) do solo no início e final do experimento.

2.10 Principais metodologias para determinação das variáveis analisadas

2.10.1 Análise do crescimento

Foram feitas análises do crescimento a cada 15 dias, medindo-se as seguintes variáveis: altura de planta, diâmetro caulinar, número de folhas, área foliar média/folha e área foliar/planta aos 15, 30, 45, 60 e 75 dias após a emergência das plântulas, para isto, utilizando alguns materiais como régua para medir a altura das plantas e área foliar (comprimento da nervura central e largura) e paquímetro para medir os diâmetros caulinares,

A área foliar foi calculada pela fórmula $S = 0,2398 \times (L + P)^{1,9259}$ sugerida por Severino et al. (2004a), utilizando valores de largura da folha (L) e comprimento da nervura principal (P).

2.10.2 Conteúdo de clorofila nas folhas

Aos 60 dias, após, a germinação das plântulas escolheu-se a terceira folha da mamoneira de cima para baixo de cada tratamento e em 6 regiões da folha que não tocasse a nervura central, colocou-se o aparelho de medição de clorofila (clorofilômetro) para fazer a leitura direta. A unidade utilizada para conteúdo de clorofila é ppm (parte por milhão).

2.10.3 Conteúdo de potássio (K) nos pecíolos

Aos 60 dias, após, a germinação das plântulas escolheu-se a terceira folha da mamoneira de cima para baixo de cada tratamento e retirou-se o pecíolo para extrair a seiva com um machucador e colocou-se uma gota da seiva no medidor de leitura direta do aparelho de medir Potássio, o potassiômetro (após sua calibração), portanto em alguns segundos foi dada a leitura. A unidade utilizada para conteúdo de Potássio é ppm (parte por milhão).

2.10.4 Análise foliar de macronutrientes

As folhas amostradas foram identificadas, acondicionadas em sacos de papel, lavadas com água deionizada, segundo preconiza Jones Júnior et al. (1991), e secas em estufa com circulação forçada de ar, a 70°C, até peso constante. Posteriormente, as amostras foram moídas em moinho tipo Willey, passados em peneira de malha de 20 mesh, e acondicionadas em recipientes de polietileno (embalagens para filmes fotográficos) para posterior análises químicas. Em seguida elas foram submetidas à digestão nítrico-perclórica para determinar as concentrações de N, P, K, Ca, Mg, Pb, P₂O₅, K₂O, CaO, MgO, e S. Para a determinação do teor de N, as amostras foram submetidas à digestão sulfúrica. O N foi determinado pelo método colorimétrico de Nessler, o P pelo método da redução do fosfomolibdato pela vitamina C, modificado por Malavolta (1989), e o K por fotometria de chama. O Ca, e Mg foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica, e o S por turbidimetria do sulfato, conforme metodologia proposta por Malavolta (1989).

2.10.5 Velocidade de infiltração da água no solo

Foi colocado água nos tubos de PVC até sua completa drenagem, após cerca de 30 minutos de drenagem, completou-se com água até transbordar e marcou-se 1 hora. Depois de 1 hora, mediu-se com uma proveta graduada de 1.000 (ml) cheia, a quantidade de água que precisou para encher até a borda os tubos de PVC novamente, portanto o resultado foi por diferença e fornecido em ml/cm.

2.10.6 Peso da fitomassa seca da parte aérea

Os caules e folhas foram cortados e colocados em sacos de papel devidamente identificados e postos na estufa à 65° C. Depois de 4 dias foram pesados, obtendo-se, assim, o peso da fitomassa aérea.

2.10.7 Peso matéria seca das raízes

As raízes foram removidas com o solo molhado e logo após, foram lavadas em água corrente, colocadas para secar na estufa a 65° C. Depois de 5 dias foram pesados, obtendo-se, assim, o peso seco das raízes.

2.10.8 Comprimento das raízes

As raízes depois de removidas, lavadas e secas ao ar, foram medidas com uma régua, obtendo-se, assim, os seus tamanhos de acordo com os tratamentos aplicados.

2.10.9 Relação raiz/fitomassa aérea

Foi dividido o peso de matéria seca das raízes pela fitomassa aérea seca, obtendo-se a relação raiz/fitomassa aérea.

2.11 Modelo matemático aplicado aos dados obtidos

$X_{ijk} = U + a_i + b_j + (a b)_{ij} + r_k + E_{ijk}$, em que:

X_{ijk} : é a observação do i-ésimo nível do fator A e j-ésimo nível do fator B, na k-ésima repetição;

U: é a media geral;

a_i : é o efeito do i-ésimo nível do fator A;

b_j : é o efeito do j-ésimo nível do fator B;

$(a b)_{ij}$: efeito da interação do i-ésimo nível do fator A com o j-ésimo nível do fator B;

r_k : é o efeito do k-ésimo repetição;

E_{ijk} : é o erro casual associado a observação E_{ijk} .

2.12 Planejamento experimental e análises estatísticas

Os resultados das variáveis determinadas foram submetidos à análise de variância pelo programa estatístico software SAS (Statistical Analysis System), utilizando-se os Proc GLM e Reg. e o nível de significância foi analisado através do teste "F". As médias foram comparadas entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade. Tabela 6.

Tabela 6 - Esquema adotado para análise estatística – Resumo da ANOVA

Fonte de variação	GL
Tratamentos	15
níveis de compactação (nc)	3
doses de torta (dt)	3
nc x dt	9
Blocos	2
Total	47

3.0 MATERIAL E MÉTODOS (experimento II)

3.1 Data e local

O experimento II iniciou-se em 03 de outubro de 2005 com término em 20 de março de 2006, em casa-de-vegetação, com controle de ambiente, do Centro Nacional de Pesquisa do Algodão (CNPQ/Embrapa), no município de Campina Grande, Estado da Paraíba – Brasil.

3.2 Material utilizado no experimento

3.2.1 O solo

De acordo com o Sistema brasileiro de classificação de solos, Embrapa (1999) o material de solo usado para a condução do experimento foi classificado como (NEOSSOLO QUARTIZÊNICO de textura areia franca) do município de Lagoa Seca, Estado da Paraíba, Brasil, cujas análises químicas (fertilidade) e física estão apresentadas, respectivamente, nas Tabelas 7 e 8

Tabela 7– Características químicas (fertilidade) do solo usado no experimento. Embrapa Algodão, Campina Grande – PB, 2006.

pH												
H ₂ O	Complexo Sortivo (mmol./dm ³)							%	mmol./dm ³	mg/dm ³	g/kg	
	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	S	H+Al	T	V	Al ⁺³	P	MO	
7,9	28,0	20,0	1,1	3,4	52,5	0,0	52,5	100	0,0	121,8	10,0	

Análises realizadas no Laboratório de Solo da Embrapa Algodão. Campina Grande, PB. 2005

Tabela 8 – Características físicas do solo usado no experimento. Embrapa Algodão. Campina Grande, PB, 2006.

Densidade – kg/dm ³		Granulometria - g/kg							Classificação Textural
Global	Real	Porosidade Total m ³ /m ³	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila			
1,49	2,46	39,27	474	366,4	136,6	23,4		Areia Franca	

Análises realizadas no Laboratório de Solo da Embrapa Algodão. Campina Grande, PB. 2005

3.2.2 A torta de mamona

Utilizou-se no experimento II a mesma torta de mamona utilizada no experimento I.

3.2.3 O Composto de lixo orgânico

A produção de lixo orgânico urbano e rural é cada vez mais crescente, a sua utilização depois da decomposição é recomendada como fonte de fertilizante orgânico de alta qualidade para as plantas. Sua utilização de forma isolada ou associada ao fertilizante químico para o aumento da produtividade das culturas pode se constituir em uma alternativa extremamente interessante para agricultura familiar. É um produto que se produz em abundância, seu custo é baixo e seu uso poderá promover a sustentabilidade da exploração das culturas, resultando na viabilidade econômica e social da cultura, além de favorecer os aspectos corretamente ecológicos do solo.

O composto de lixo orgânico utilizado no experimento foi produzido pela empresa Durafértil Processadora de Adubo Orgânico LTDA, situada no município de Eusébio, Estado do Ceará, Brasil, cuja análise química encontra-se na Tabela 9.

Tabela 9 – Características químicas do composto do lixo orgânico utilizado no experimento. Embrapa Algodão. Campina Grande, PB, 2006.

pH	%Umid.	%N	%Pb	%K	%K ₂ O	%Ca	%CaO	%Mg	%MgO	%S	%MO	% cinza
6,50	5,50	0,40	2,48	0,21	0,25	0,42	0,59	0,73	1,27	0,38	87,66	6,85

Análises realizadas no Laboratório de Solo da Embrapa Algodão. Campina Grande, PB. 2005

3.3 Descrição da cultivar da mamoneira utilizada nos experimentos

Foi utilizada no experimento II a mesma cultivar do experimento I, a BRS Paraguaçu.

3.4 A água de irrigação

A água utilizada no experimento II foi a mesma do experimento I, assim como também a quantidade que foi levada a planta.

3.5 As unidades experimentais

Foram utilizadas como unidades experimentais no experimento II vasos plásticos, com 38 centímetros de comprimento, 39 centímetros de diâmetro superior e 22 centímetros de diâmetro inferior. (Figura 4).



Figura 4 – Unidades experimentais utilizadas no experimento II.

3.6 Tratos culturais

3.6.1 Plantio

No dia 03/10/2005, após o solo ter atingido a capacidade de campo, ou seja, após colocar água nas unidades experimentais até a completa drenagem, fez-se o plantio do experimento, utilizando-se uma semente por cova, onde foram feitas cinco covas em cada vaso, com 4 centímetros de profundidade. O plantio das sementes de mamona BRS Paraguaçu foi feito com a carúncula voltada para cima para facilitar a germinação.

3.6.2 Germinação e desbaste das plântulas

As sementes germinaram com oito dias após o plantio (11/10/2005). A germinação foi 100% em todos os vasos. O desbaste foi feito no dia 17/10/2005, deixando-se uma planta por vaso.

3.6.3 Plantas daninhas e pragas

As plantas daninhas e as pragas foram controladas manualmente, com registro das doses, produtos e épocas de aplicação. Após um mês e 13 dias da emergência das plântulas (23/11/2005), houve o primeiro ataque de ácaro vermelho (*tetranychus urticae* (Koch, 1836) na mamona. Foi usado no controle ao ácaro 15 ml de Endosulfan diluído em 5 L de água. O segundo ataque ocorreu no dia 05/12/2005 e o terceiro em 21/12/2005, usando-se novamente o Endosulfan com a mesma dosagem.

3.7 Delineamento experimental e tratamentos

Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados com quatro repetições, totalizando 11 tratamentos, sendo eles, derivados de doses de torta de mamona e de composto de lixo orgânico (quatro doses de cada um deles) e três testemunhas, com posterior estudo de contrastes ortogonais.

- Doses

As doses da **torta de mamona** foram as seguintes: 12,0; 23,9; 35,9 e 47,8 g/vaso (1, 2, 3, e 4 t.ha⁻¹ respectivamente e as do **composto de lixo orgânico**: 134,4; 268,9; 403,3; 537,8 g/vaso (11,2; 22,4;

33,6 e 44,8 t.ha⁻¹) respectivamente, e três testemunhas: **testemunha absoluto** (solo sem fertilizantes), **testemunha relativo 1** (NPK – Nitrogênio, Fósforo e Potássio), **testemunha relativo 2** (NPK + micronutrientes - boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mg) e zinco (Zn)), nas dosagens:

Macronutrientes - 4,8 g N/vaso (180 kg N ha⁻¹), sendo 52 kg N ha⁻¹ aplicado no plantio e 128 kg N ha⁻¹ em cobertura, com 30 dias após emergência das plântulas; 4,3 g P/ vaso, (64 kg P ha⁻¹) e 1,1 g K/vaso (52 kg K ha⁻¹);

Micronutrientes - 5,9 g B/vaso, (1kg B ha⁻¹); 3,8 g Cu/vaso (0,5 kg Cu ha⁻¹); 5,3 g Fe /vaso (1 kg Fe ha⁻¹); 3,8 g Mg/vaso (1 kg Mg ha⁻¹) e 5,0 g Zn/vaso (1kg Zn ha⁻¹).

As doses ou quantidades de fertilizantes, orgânicos e inorgânicos foram calculadas em função da área dos vasos ($A=3,1416 \cdot r^2$), levando-se em consideração os primeiros 20 cm do material de solo, que corresponde à camada arável do solo em condições naturais. As quantidades ou doses foram expressas em t/ha, equivalente com nivelamento para as quantidades de nitrogênio utilizadas, já descritas anteriormente.

Os tratamentos testados (Figura 5) no experimento corresponderam a 0,4 % de nitrogênio no composto de lixo orgânico e 4,5 % de nitrogênio na torta de mamona, sendo eles:

T1 – L1: dose de composto de lixo orgânico de 134,4 g/vaso;

T2 – L2: dose de composto de lixo orgânico de 268,9 g/vaso;

T3 – L3: dose de composto de lixo orgânico de 403,3 g/vaso;

T4 – L4: dose de composto de lixo orgânico de 537,8 g/vaso;

T5 – M1: dose torta de mamona de 12,0 g/vaso;

T6 – M2: dose torta de mamona de 23,9 g/vaso;

T7 – M3: dose torta de mamona de 35,9 g/vaso;

T8 – M4: dose torta de mamona de 47,8 g/vaso;

T9 – TA: testemunha absoluta (sem fertilizantes);

T10 – TR1: testemunha relativo um (com NPK), sendo 4,8 g/vaso de uréia (N) que foi aplicado no plantio + 3,4 g aos 30 DAE (dias após emergência das plântulas); 4,3 g/vaso de superfosfato simples (P) e 1,1 g/vaso de cloreto de potássio (K);

T11 – TR2: testemunha relativo 2 (com NPK + micronutrientes), sendo que foi colocado em cada vaso correspondente ao referido tratamento 0,3 g da mistura dos micronutrientes, que foram pesados as seguintes doses: 5,9 g de Boro, 3,8 g de Cobre, 5,3 g de Ferro, 3,8 g de Manganês e 5,0 g de Zinco, totalizando, 23,8 g de micronutrientes.

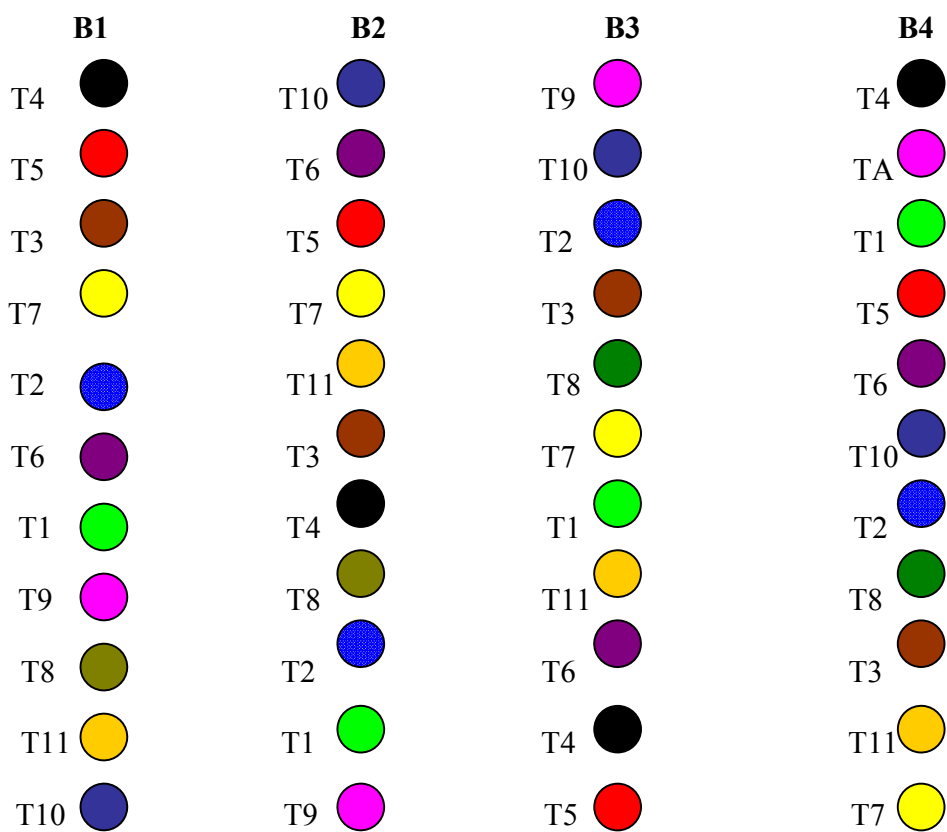


Figura 5 - Distribuição dos blocos e tratamentos do experimento II na casa-de-vegetação da Embrapa Algodão. Campina Grande – PB, 2006.

3.8 Registro da umidade relativa do ar (UR) e temperatura durante o período do experimento na casa-de-vegetação

Foram registrados em Termohigrógrafo a UR (umidade relativa do ar) e a temperatura do início ao final do experimento na casa-de-vegetação (Figuras 6 e 7).

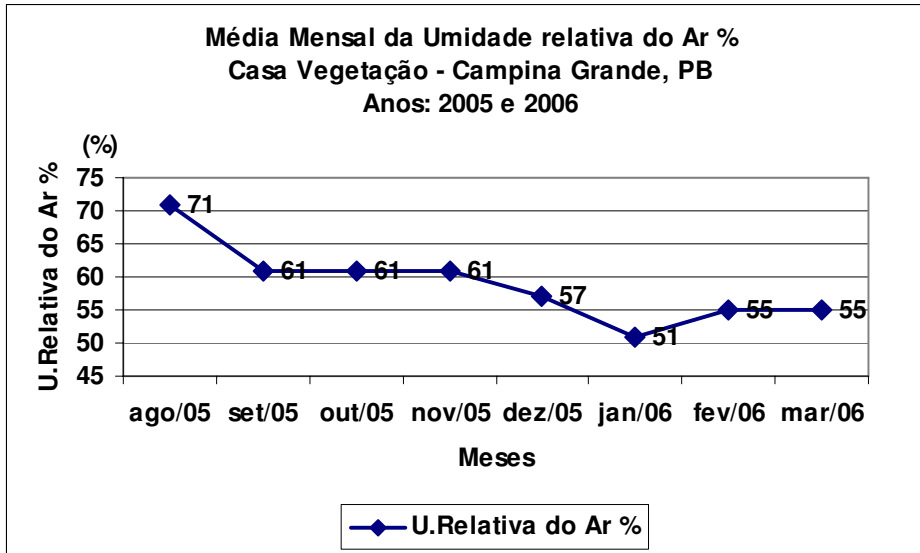


Figura 6 – Média mensal da Umidade Relativa do Ar %. Casa-de-vegetação da Embrapa Algodão. Campina Grande – PB, 2005/2006.

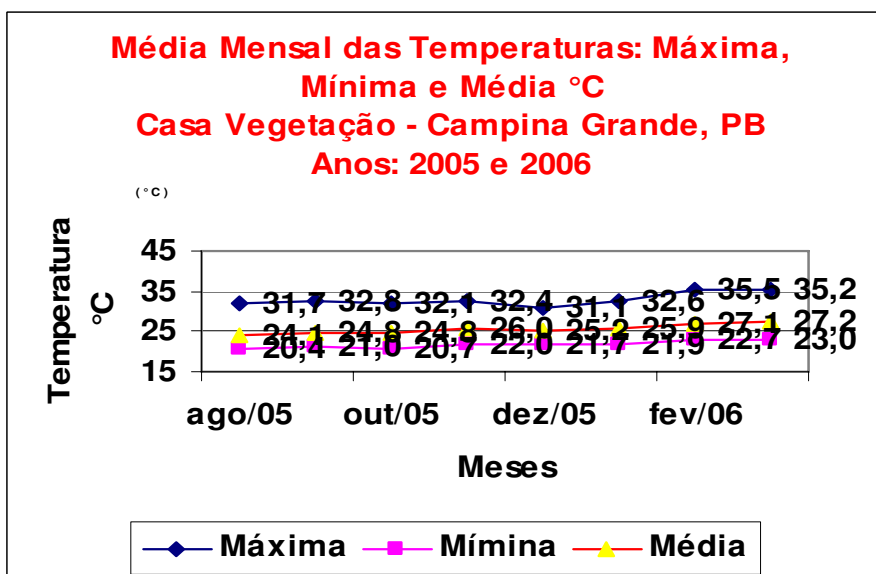


Figura 7 – Média Mensal das temperaturas: Máxima, Mínima e Média °C. Casa-de-vegetação da Embrapa Algodão. Campina Grande – PB, 2005/2006.

3.9 Descrição das variáveis analisadas

♦ Variáveis relacionadas ao crescimento da mamoneira aos 15, 30, 45, 60, 75, 90, 115 e 130 dias após a emergência das plântulas

- Altura de planta;
- Diâmetro caulinar;
- Área foliar/planta (AF/P);
- Número de ramificações;
- Comprimento das raízes;
- Peso da matéria seca das raízes;
- Relação raiz/fitomassa aérea;
- Relação casca/semente;

♦ Variáveis relacionadas ao desenvolvimento da planta

- Relação entre a parte frutífera (1º cacho) e a vegetativa (Eficiência Reprodutiva);
- Dias decorridos para a floração (início) do primeiro cacho (Fenologia);
- Sexagem: relação de flores masculinas/ flores femininas.

♦ Variáveis relacionadas a produção da mamoneira aos 130 dias após a emergência das plântulas

- Número de cachos;
- Peso seco das sementes do 1º cacho;
- Peso seco das cascas das sementes;
- Peso seco de 100 sementes;
- Peso seco da fitomassa aérea;

♦ Variáveis relacionadas à fisiologia e a bioquímica da planta da mamoneira:

- Teor de clorofila aos 30, 60 e 90 dias, após a emergência das plântulas, sempre na terceira folha de cima para baixo;
- Dosagem de macronutrientes nas folhas (análise foliar);

♦ Variáveis relacionadas ao solo:

- Análise física do solo no início e final do experimento;
- Análise química do solo no início e final do experimento.

3.10 Modelo matemático aplicado aos dados obtidos

$X_{ijk} = U + a_i + b_j + (a b)_{ij} + r_k + E_{ijk}$, em que:

X_{ijk} : é a observação do i-ésimo nível do fator A e j-ésimo nível do fator B, na k-ésima repetição;

U: é a média geral;

a_i : é o efeito do i-ésimo nível do fator A;

b_j : é o efeito do j-ésimo nível do fator B;

(a b)_{ij} : efeito da interação do i-ésimo nível do fator A com o j-ésimo nível do fator B;
 rk: é o efeito do k-ésimo repetição;
 E_{ijk} : é o erro casual associado a observação E_{ijk}.

3.11 Planejamento experimental e análises estatísticas

Os resultados das variáveis determinadas foram submetidos à análise de variância pelo programa estatístico software SAS (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM), utilizando-se os Proc GLM e Reg. e o nível de significância foi analisado através do teste “F”. As médias foram comparadas entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade. Tabela 10.

Tabela 10 - Esquema adotado para análise estatística – Resumo da ANOVA

Fonte de variação	GL
Tratamentos	10
Blocos	3
Erro Experimental	30
Total	43

Após a ANOVA, foram estabelecidas funções lineares simples (Contrastes ortogonais) entre tratamentos e grupos de tratamentos de interesse para análise e interpretação dos resultados, como por exemplo, testemunha vs dose de torta, testemunha vs dose de composto de lixo orgânico e torta vs composto de lixo orgânico.

4.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A) EXPERIMENTO I

4.1 Variáveis relacionada ao crescimento da planta em função de diferentes níveis de compactação do solo

A densidade do solo influenciou significativamente o crescimento das plantas de mamoneira em altura, diâmetro caulinar e área foliar até 75 dias após a semeadura. São apresentados na Tabela 11 as equações exponenciais, obtidas por regressão não linear, os quais expressam a altura das plantas, o diâmetro caulinar e a área foliar das plantas de mamoneira entre os 15 e 75 dias após a semeadura. Para as variáveis altura de plantas e diâmetro caulinar todos os modelos matemáticos propostos apresentaram coeficiente de determinação superior a 0,73 indicando um bom ajuste e bom relacionamento dessas variáveis com a densidade do solo. Entretanto, para a área foliar os coeficientes de determinação das equações propostas variaram de 0,60 e 0,63, indicando um alto coeficiente de alienação, com valores de 0,61 e 0,63, que exprimem uma baixa relação entre a área foliar da mamoneira e a compactação do solo. A determinação do coeficiente de alienação foi baseada e fundamentada em SANTOS et al. 2008, que exprime a ausência ou presença da relação entre as variáveis X e Y de uma determinada amostra em função do coeficiente de determinação.

As plantas de mamoneira apresentaram menor crescimento em altura, diâmetro caulinar e área foliar quando a densidade do solo foi de 2 kg.dm⁻³ (Figura 8). Aos 15 dias após a semeadura praticamente não houve diferença de crescimento das plantas nas diferentes densidades do solo testadas. Entretanto, a partir de 30 dias após a emergência as plantas cultivadas em solo com maior densidade apresentaram menor índice de crescimento. Os tratamentos com maior densidade do solo provavelmente ocasionaram resistência ao crescimento radicular e dessa forma reduziram a absorção de água e nutrientes e conseqüentemente o crescimento das plantas. Estes resultados corroboram com os dados alcançados por Rosolem et al., (1999), que estudando o desenvolvimento das raízes do milho em solos compactados, constataram que a maior densidade, influenciou significativamente o crescimento radicular e concordando com as afirmações de Camargo e Alleoni (1997), que a disponibilidade de água no solo e o crescimento das raízes das plantas estão diretamente relacionados com a densidade do solo, ou seja, maior densidade menor desenvolvimento das plantas o que foi constatado no presente estudo.

Tabela 11. Modelos matemáticos para análise de crescimento, em função da densidade de solo. Campina Grande - PB, 2007.

Variável	Modelo	R ²	F
<u>Altura de planta</u>			
Densidade 1,4	$\hat{y} = -2,9892+70,2339*(1-e^{(-0,0231*X)})$	0,92	328,24**
Densidade 1,6	$\hat{y} = 4,6798+123,5*(1-e^{(-0,00714*X)})$	0,75	83,07**
Densidade 1,8	$\hat{y} = 1,7238+77,4276*(1-e^{(-0,0158*X)})$	0,84	148,46**
Densidade 2,0	$\hat{y} = 5,74+106*(1-e^{(-0,00698*X)})$	0,73	76,29**
<u>Diâmetro caulinar</u>			
Densidade 1,4	$\hat{y} = -33,7779+49,6785*(1-e^{(-0,0801*X)})$	0,96	666,46**
Densidade 1,6	$\hat{y} = -24,963+41,6069*(1-e^{(-0,0648*X)})$	0,91	302,82**
Densidade 1,8	$\hat{y} = -21,775+37,8839*(1-e^{(-0,0612*X)})$	0,75	85,58**
Densidade 2,0	$\hat{y} = -18,9799+34,3385*(1-e^{(-0,0577*X)})$	0,75	87,57**
<u>Área foliar por planta</u>			
Densidade 1,4	$\hat{y} = -1403,4+5588,9*(1-e^{(-0,0232*X)})$	0,63	48,04**
Densidade 1,6	$\hat{y} = -1054,2+6308*(1-e^{(-0,0158*X)})$	0,63	48,37**
Densidade 1,8	$\hat{y} = -1069,1+5679,5*(1-e^{(-0,0178*X)})$	0,60	43,13**
Densidade 2,0	$\hat{y} = -1182,7+5123,7*(1-e^{(-0,0213*X)})$	0,63	47,75**

** Significativo a 1% de probabilidade; * Significativo a 5% de probabilidade; ns Não significativo

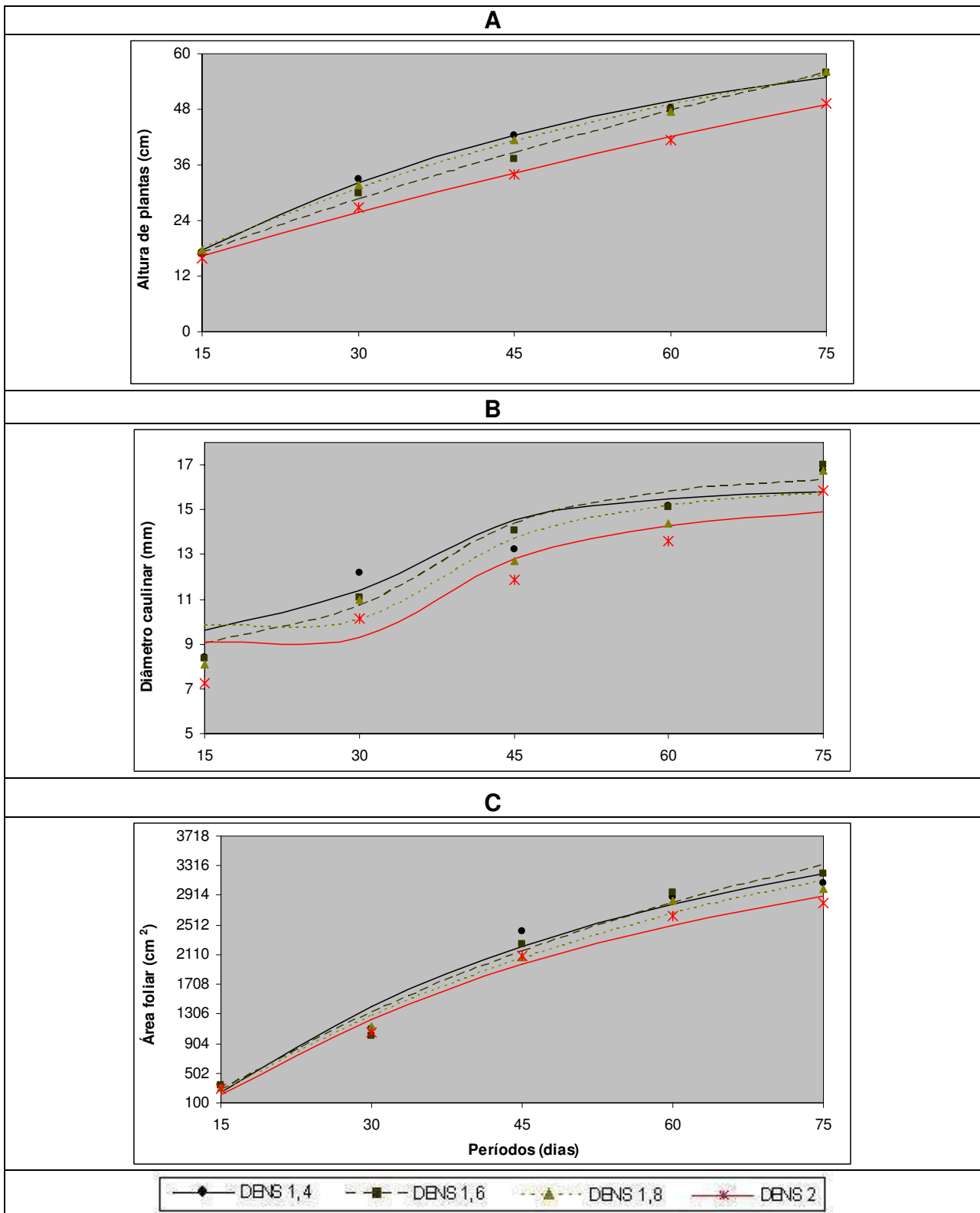


Figura 8. Relação entre as variáveis altura de planta (A), diâmetro caulinar (B), e área foliar por planta (C) em função da densidade de solo e do tempo. Campina Grande - PB, 2007.

4.2 Variáveis relacionada ao crescimento da planta em função de diferentes doses de adubo orgânico ao solo

A adubação do solo representada pelos quatro níveis de torta de mamona influenciou significativamente o crescimento das plantas de mamoneira em altura, diâmetro caulinar e área foliar até 75 dias após a semeadura. São apresentados na Tabela 12 as equações exponenciais, obtidas por regressão não linear, os quais expressam a altura das plantas, o diâmetro caulinar e a área foliar das plantas de mamoneira entre os 15 e 75 dias após a semeadura. Para a variável altura de plantas, os modelos matemáticos propostos apresentaram coeficientes acima de 0,73, indicando que todos foram bem ajustados e relacionados com a adubação do solo, entretanto para as variáveis diâmetro caulinar na dosagem de 4t/ha e área foliar nas dosagens de zero e 4t/ha, com coeficientes de determinação de 0,60; 0,63 e 0,69, respectivamente, que apesar da sua significância, exprimem valores de alienação de 0,63; 0,61; 0,56, indicando um baixo relacionamento entre as variáveis diâmetro caulinar e área foliar com determinadas dosagens de adubação.

Na Figura 9, apresenta-se os modelos na forma gráfica, na qual para a altura de plantas observa-se comportamento muito similar para todos os níveis de adubação, com aumento gradativo do tamanho das plantas, porém sem haver diferenças marcantes entre os tratamentos (Figura 9A). Para o diâmetro caulinar, para todos os níveis de adubação as plantas aos 15 dias após a semeadura apresentaram diâmetros entre 8 a 10 cm, observando uma ascensão dos 30 dias aos 60 dias. De forma discrepante o tratamento cujo nível de adubação era 4 t/ha apresentou um baixo diâmetro caulinar, que possivelmente no período estudado de 75 dias não foi possível a planta expressar todo o seu potencial de crescimento (Figura 9B). Quanto à área foliar, aos 15 dias após a germinação todos os tratamentos demonstraram o mesmo comportamento, a partir do 30 dias observou-se crescimento maior para os tratamentos adubados culminando aos 75 dias, em que área foliar foi maior de acordo com os níveis de adubo, já a testemunha, sem de adubo, o crescimento da área foliar foi observado até aos 40 dias, a partir daí permaneceu inalterado o seu desenvolvimento (Figura 9C).

Estes resultados, em parte, são concordantes com os obtidos por Severino et al. (2007), que estudaram a torta de mamona em diferentes níveis, principalmente no que se refere ao diâmetro caulinar e a área foliar das plantas de mamoneira, que foi crescente de acordo com os níveis adicionados ao solo, quanto a altura de planta, possivelmente, por ser um período de apenas 75 dias, não foi possível externar o seu potencial de crescimento neste curto período.

Tabela 12. Modelos matemáticos para análise de crescimento, em função de diferentes doses de adubo. Campina Grande - PB, 2007.

Variável	Modelo	R ²	F
<u>Altura de planta</u>			
Adubação 1 (0 t ha ⁻¹)	$\hat{y} = 5,5506 + 131 * (1 - e^{(-0,00706 * X)})$	0,85	156,42**
Adubação 2 (2 t ha ⁻¹)	$\hat{y} = 5,5087 + 101,9 * (1 - e^{(-0,00879 * X)})$	0,84	145,49**
Adubação 3 (4 t ha ⁻¹)	$\hat{y} = -2,4456 + 60,6422 * (1 - e^{(-0,0239 * X)})$	0,73	75,54**
Adubação 4 (6 t ha ⁻¹)	$\hat{y} = 1,1513 + 76,8654 * (1 - e^{(-0,0149 * X)})$	0,78	100,16**
<u>Diâmetro caulinar</u>			
Adubação 1 (0 t ha ⁻¹)	$\hat{y} = -34,9343 + 50,874 * (1 - e^{(-0,0812 * X)})$	0,97	803,66**
Adubação 2 (2 t ha ⁻¹)	$\hat{y} = -25,9379 + 42,3138 * (1 - e^{(-0,0674 * X)})$	0,95	552,68**
Adubação 3 (4 t ha ⁻¹)	$\hat{y} = -16,1054 + 31,4498 * (1 - e^{(-0,0524 * X)})$	0,60	42,71**
Adubação 4 (6 t ha ⁻¹)	$\hat{y} = -22,4231 + 38,9945 * (1 - e^{(-0,0607 * X)})$	0,92	338,07**
<u>Área foliar por planta</u>			
Adubação 1 (0 t ha ⁻¹)	$\hat{y} = -4010,2 + 5807 * (1 - e^{(-0,0907 * X)})$	0,63	48,86**
Adubação 2 (2 t ha ⁻¹)	$\hat{y} = -1691,6 + 5078,2 * (1 - e^{(-0,0322 * X)})$	0,80	115,10**
Adubação 3 (4 t ha ⁻¹)	$\hat{y} = -656,7 + 25941,7 * (1 - e^{(-0,00227 * X)})$	0,69	62,35**
Adubação 4 (6 t ha ⁻¹)	$\hat{y} = -996,9 + 37904,7 * (1 - e^{(-0,00215 * X)})$	0,89	247,81**

** Significativo a 1% de probabilidade, * Significativo a 5% de probabilidade, NS Não significativo

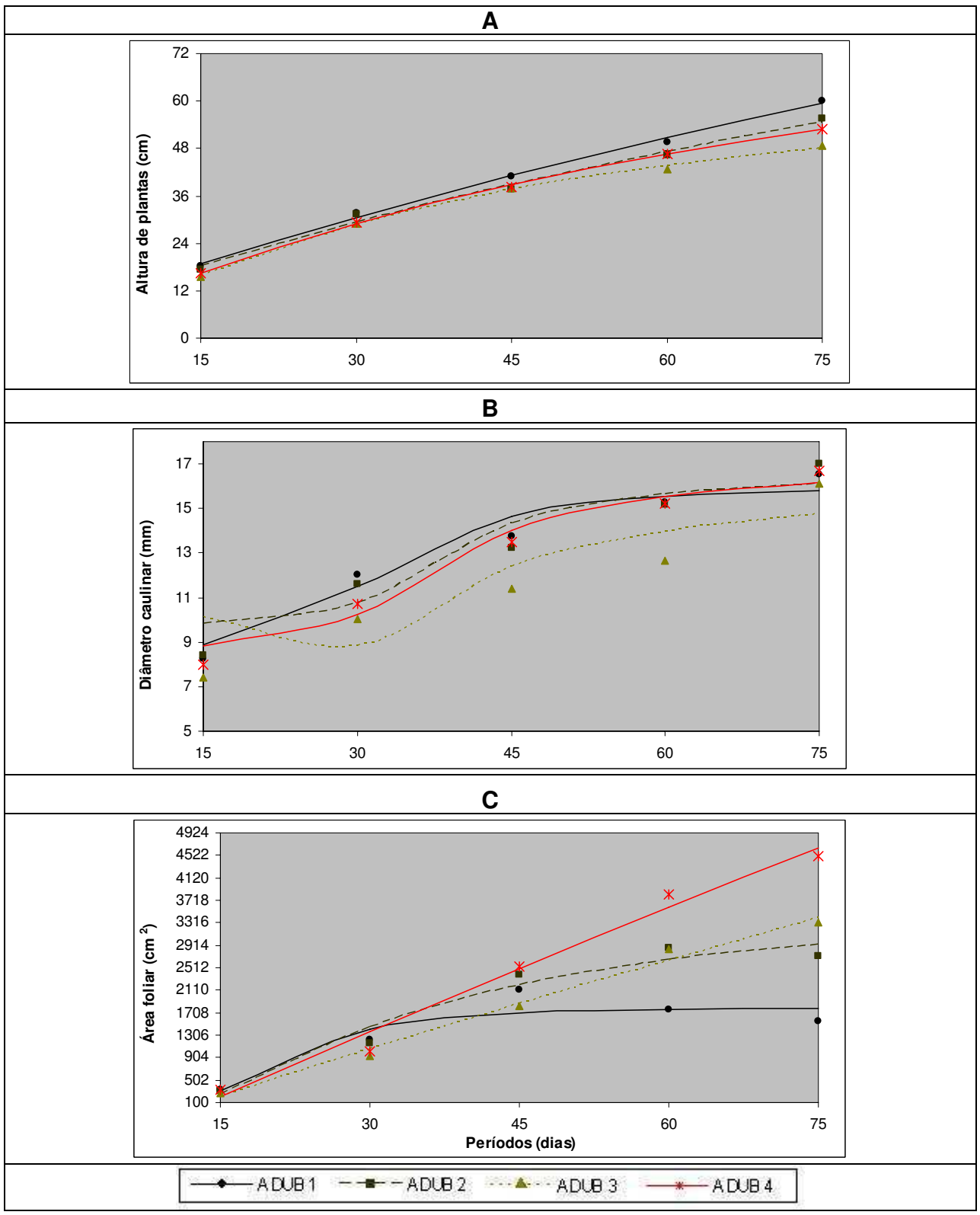


Figura 9. Relação entre as variáveis altura de planta (A), diâmetro caulinar (B), e área foliar por planta (C) em função de diferentes doses de adubos e do tempo. Campina Grande - PB, 2007.

4.3 Variáveis relacionadas à fisiologia e a bioquímica da planta em função da compactação e da adubação do solo

Os resumos da análise de variância para os teores de clorofila nas folhas e potássio no pecíolo em função da densidade do solo e da dose de torta de mamona aplicada ao solo é apresentado na Tabela 13. Apenas a adubação orgânica da mamoneira ocasionou efeito significativo sobre essas duas variáveis. Para o teor de potássio no pecíolo não houve modelos matemáticos que se ajustassem aos dados sendo apenas apresentado a análise descritiva, conforme a Tabela 13. Quanto à clorofila, a adubação aumentou linearmente o seu teor nas folhas das plantas de mamoneira sendo este aumento de 1,43 ppm de clorofila a cada incremento de uma tonelada de torta de mamona por hectare, este resultado possivelmente seja em função dos benefícios que a torta de mamona proporciona ao solo quando adicionada de forma adequada. Segundo Beltrão (2002) a torta de mamona reduz a acidez total do solo, eleva o conteúdo de carbono, promove melhoria geral da parte física e serve como nematicida.

Tabela 13. Resumos das análises de variâncias (quadrados médios) do teor de clorofila (ppm) na folha e do teor de potássio (ppm) no pecíolo em função de diferentes densidades de solo e adubação. Campina Grande - PB, 2007.

F.V	G.L.	Clorofila	Potássio
Densidade (D)	3	29.68 ^{ns}	121111.11 ^{ns}
Adubação (A)	3	174.57*	487222.22*
Linear	1	489.92**	204166.66 ^{ns}
Quadrática	1	1.3 ^{ns}	53333.33 ^{ns}
Desv. de Regr.	1	32.48 ^{ns}	1204166.66**
D x A	9	62.43 ^{ns}	200555.55 ^{ns}
Bloco	2	76.43 ^{ns}	960833.33*
Resíduo	30	48.69	151500
C.V. (%)	-	13,53	17,36

** Significativo a 1% de probabilidade, * Significativo a 5% de probabilidade, ns Não significativo

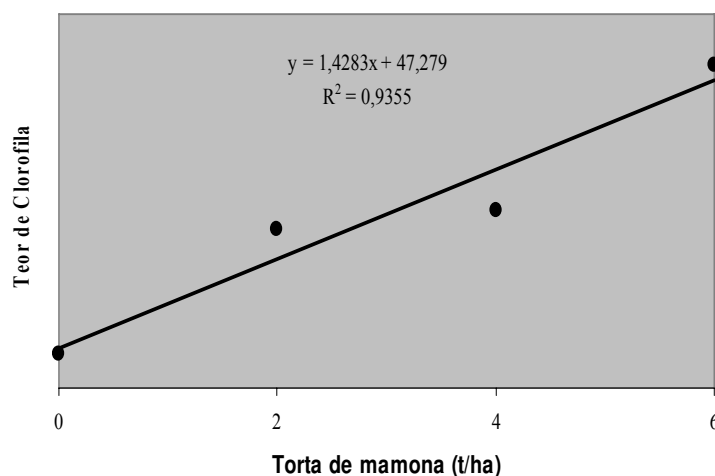


Figura 10. Relação entre a variável teor de clorofila (ppm) nas folhas, em função da adubação. Campina Grande - PB, 2007.

Os resumos da análise de variância para as variáveis de crescimento em função da densidade do solo e da dose de torta de mamona aplicada ao solo são apresentados na Tabela 14. A adubação com torta de mamona ocasionou efeito significativo sobre o acúmulo de peso matéria seca da parte aérea, peso matéria seca de raiz e comprimento de raiz das plantas de mamoneira. A densidade do solo afetou apenas o comprimento das raízes. Não houve interações entre a adubação com torta de mamona e a densidade do solo.

Tabela 14. Resumos das análises de variâncias (quadrados médios) dos modelos de equações para o peso matéria seca da parte aérea (PMSA); peso matéria seca da raiz (PMSR); comprimento da raiz (CR) e relação da fitomassa / raiz; fitomassa / parte aérea (RRA); em função de diferentes densidades de solo e adubação. Campina Grande - PB, 2007.

F.V	G.L.	PMSA	PMSR	CR	RRA
Densidade (D)	3	73.91 ^{NS}	16.06 ^{NS}	207.36*	0.012 ^{NS}
Linear	1	-	-	596.29*	-
Quadrática	1	-	-	18.13ns	-
Desv. de Regr.	1	-	-	7.67ns	-
Adubação (A)	3	1632.25**	73.82*	424.90**	0.002 ^{NS}
Linear	1	4476.03**	198.67**	935.75**	-
Quadrática	1	193.52ns	17.69ns	200.49ns	-
Desv. de Regr.	1	227.21ns	5.11ns	138.47ns	-
D x A	9	64.58 ^{NS}	11.79 ^{NS}	66.18 ^{NS}	0.007 ^{NS}
Bloco	2	270.61 ^{NS}	61.33*	57.97 ^{NS}	0.009 ^{NS}
Resíduo	30	99.49	17.59	58.09	0.006
C.V. (%)	-	21,23	40,06	27,49	35,37

** Significativo a 1% de probabilidade, * Significativo a 5% de probabilidade, ^{NS} Não significativo

O aumento da densidade do solo reduziu linearmente o comprimento das raízes das plantas de mamona (Figuras 11, 11.1, 11.2, 11.3, 11.4, 11.5, 11.6, 11.7, 11.8 e 11.9). A cada incremento de $0,2 \text{ kg/dm}^3$ na densidade do solo houve redução de $3,15 \text{ cm}$ no comprimento de raízes. Através das Figuras citadas anteriormente, observa-se que a torta de mamona influenciou no desenvolvimento das raízes, esse fato pode ser melhor observado nas Figuras 11.4, 11.5, 11.6, 11.7, 11.8 e 11.9, onde a raiz apresenta-se cada vez mais enovelada, sem conseguir crescer, mas, devido a torta de mamona, tornaram-se grossas e desenvolvidas. Este resultado concorda com estudos realizados por Guimarães et. al., (2002), que estudando o sistema radicular de feijão sob o efeito de diferentes densidades do solo concluíram que o aumento da compactação do solo afeta negativamente o sistema radicular do feijão e Grohmann e Queiroz Neto, (1966) com a cultura do arroz. Entretanto, a redução no comprimento de raízes não reduziu o peso seco da parte aérea e o peso seco de raízes, pois essas variáveis não apresentaram diferenças com a variação na densidade do solo. É possível que a maior densidade do solo tenha ocasionado engrossamento do sistema radicular não ocasionando diferenças no peso da matéria seca de raízes mesmo com o menor comprimento dessas nas maiores densidades do solo ou então, como descreve Kiehl (1979), que a torta de mamona interfere positivamente no crescimento e no desenvolvimento das plantas através da melhoria da estrutura do solo e consequentemente da sua porosidade.

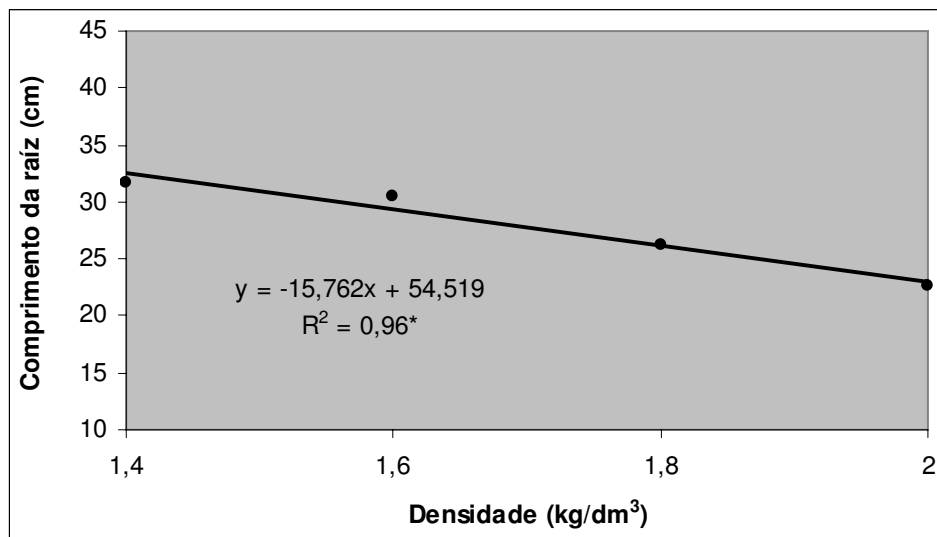


Figura 11. Relação entre a variável comprimento da raiz em função das diferentes densidades do solo. Campina Grande - PB, 2007.



Figura 11.1. Raiz com densidade $1,4 \text{ kg/dm}^3$ e dose de torta de mamona 0 t.ha^{-1}



Figura 11.2. Raiz com densidade $1,6 \text{ kg/dm}^3$ e dose de torta de mamona 0 t.ha^{-1}



Figura 11.3. Raiz com densidade $1,8 \text{ kg/dm}^3$ e dose de torta de mamona 4 t.ha^{-1}



Figura 11.4. Raiz com densidade 2 kg/dm^3 e dose de torta de mamona 0 t.ha^{-1}



Figura 11.5. Raiz com densidade 2 kg/dm^3 e dose de torta de mamona 2 t.ha^{-1}



Figura 11.6. Raiz com densidade 2 kg/dm^3 e dose de torta de mamona 4 t.ha^{-1}



Figura 11.7. Raiz com densidade 2 kg/dm^3 e dose de torta de mamona 6 t.ha^{-1}



Figura 11.8. Raiz com densidade 2 kg/dm^3 e dose de torta de mamona 6 t.ha^{-1}



Figura 11.9 Raiz com densidade 2 kg/dm³ e dose de torta de mamona 6 t.ha⁻¹

O efeito da adubação com torta de mamona sobre o comprimento da raiz, peso matéria seca da parte aérea e da raiz são apresentados na Figura 12. O aumento da dose de torta de mamona aplicada ao solo aumentou linearmente o peso matéria seca da parte aérea das plantas de mamona. A cada incremento da dose de torta de mamona de uma tonelada por hectare houve aumento de 4,32 g/planta no peso seco da parte aérea, cujo resultado é semelhante ao obtido por Severino et. al., (2007) que observou incrementos progressivos na matéria seca da parte aérea a medida que se aumentou a dose da torta. Esses resultados mostram que a torta de mamona é uma excelente fonte de nutrientes e proporciona aumento no crescimento das plantas de mamoneira, inclusive respondendo a doses superiores a 6 toneladas por hectare de torta de mamona, pois a resposta à adubação com este resíduo foi linear (Figura 12 A).

Por outro lado, o comprimento da raiz decresceu linearmente com o incremento da dose de torta de mamona. A cada aumento da dose de torta de mamona de uma tonelada por hectare houve redução de 1,97 cm no comprimento do sistema radicular (Figura 12 B). Este comportamento pode ser explicado devido a compactação do solo em diferentes níveis, seu efeito é extremamente significativo no desenvolvimento das raízes das plantas conforme relato de Camargo e Alleoni (1997); Primavesi (1982).

Apesar do menor comprimento do sistema radicular com o incremento da dose de torta de mamona, o peso matéria seca de raiz apresentou comportamento contrário. A cada incremento da dose de torta de mamona de uma tonelada por hectare houve aumento de 0,91 g/planta no peso matéria seca da raiz (Figura 12 C). O diâmetro do sistema radicular não foi medido, mas possivelmente houve engrossamento do sistema radicular com o aumento da dose de torta de mamona proporcionando aumento no peso matéria seca de raízes mesmo com a redução do comprimento do sistema radicular. Menor crescimento do sistema radicular associado a engrossamento da ponta da raiz também ocorrem normalmente devido à toxidez, a exemplo do que ocorre com a toxidez de alumínio (PRIMAVESI, 1982).

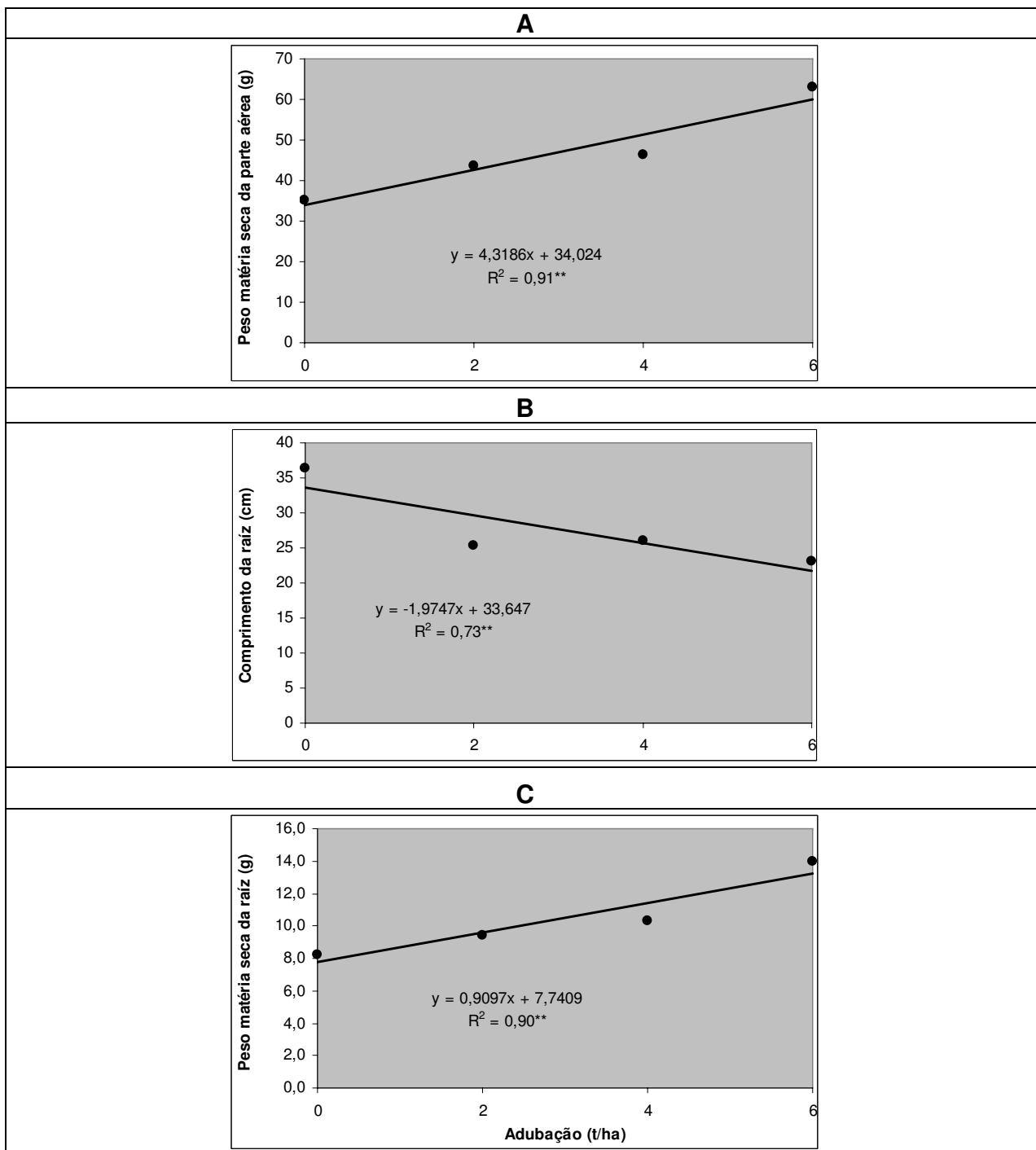


Figura 12. Relação entre as variáveis peso matéria seca da parte aérea (A); comprimento da raiz (B) e peso matéria seca da raiz (PSR) em função de doses de adubação. Campina Grande - PB, 2007.

Os resumos das análises de variâncias para os dados da análise foliar em função da densidade do solo e da dose de torta de mamona aplicada ao solo são apresentadas na Tabela 15. Os quatro níveis de densidade do solo não afetaram os componentes minerais e orgânicos da folha, já a adubação com torta de mamona ocasionou efeito significativo sobre teores de N, PB, P, P_2O_5 , K e K_2O presentes na folha da mamoneira. Não verificou-se interações entre a adubação com torta de mamona e a densidade do solo.

Na Figura 13 A e 13 B, observa-se que os crescentes níveis da torta de mamona adicionado ao solo proporcionaram incrementos lineares do Nitrogênio e Proteína Bruta (PB) presentes na folha. Para o Nitrogênio, a cada incremento de 1 t/ha de torta verifica-se um aumento de 1,65 g/kg de peso seco, para a Proteína Bruta, a cada aumento de 1 t/ha verifica-se um acréscimo de 10,30 g/kg de peso seco. Estes resultados encontram respaldo no trabalho realizado por Severino et. al., (2004), que afirmam que a torta de mamona proporciona uma maior atividade microbiana, a sua mineralização é mais intensa e seus nutrientes são liberados mais rapidamente para as plantas.

Para o Fósforo (P) e Óxido de Fósforo (P_2O_5) presentes na folha verificou-se um decréscimo linear dos seus teores à medida que se adiciona a torta de mamona ao solo. Para o Fósforo este decréscimo foi de 0,21g/kg de peso seco e para o Óxido de Fósforo de 0,46g/kg de peso seco para cada tonelada de mamona adicionada ao solo (Figura 13 C e 13 D). Para os teores de Potássio, Óxido de Potássio e Magnésio presentes na folha verificou-se comportamento quadrático com redução dos teores presentes na folha a medida que se aumentou o quantitativo da torta no solo, através da derivação das equações de regressão foi possível estimar o valor máximo de torta que se obtém o valor mínimo para o Potássio e Óxido de Potássio, respectivamente, (valores de inflexão da curva (5,42 e 5,44) t/ha de torta (Figura 14 A e B). Com relação ao Magnésio a torta de mamona influenciou de forma ligeiramente decrescente (Figura 14 C).

O comportamento decrescente do Fósforo (P), Óxido de Fósforo, Potássio, Óxido de Potássio e Magnésio presentes na folha de mamoneira possivelmente possa ser explicado pela pequena quantidade destes elementos presentes na torta de mamona e pelo crescente nível de densidade do solo, que apesar de não haver interação significativa com o fator adubação, afetou o comprimento radicular das plantas a ponto de afetar os teores destes elementos na folha. Beutler e Centurion (2004) estudando a produtividade da soja em solo compactado e fertilizado, constatou reduções significativas na produtividade, mesmo com teores de adubação elevada. Rosolem et. al. 1994, encontrou reduções significativas na quantidade de raízes.

Tabela 15. Resumos das análises de variâncias (quadrados médios) referentes aos dados da análise foliar: nitrogênio (N), proteína bruta (PB), fósforo (P), óxido de fósforo (P₂O₅), potássio (K), óxido de potássio (K₂O), cálcio (Ca), óxido de cálcio, magnésio (Mg) e enxofre (S) em função de diferentes densidades de solo e adubação. Campina Grande - PB, 2007.

F.V	G.L.	N	PB	P	P ₂ O ₅	K	K ₂ O	Ca	CaO	Mg	MgO	S
Densidade (D)	3	9.45 ^{ns}	364.04 ^{ns}	0.30 ^{ns}	1.71 ^{ns}	5.15 ^{ns}	7.40 ^{ns}	0.35 ^{ns}	1.91 ^{ns}	3.82 ^{ns}	4.36 ^{ns}	0.44 ^{ns}
Adubação (A)	3	244.30*	9511.73*	3.54*	18.12**	68.88**	99.13**	7.86 ^{ns}	21.08 ^{ns}	20.79**	28.79 ^{ns}	0.65 ^{ns}
Linear	1	654.72**	25480.14**	10.21**	52.08**	181.48**	261.25**	5.19 ^{ns}	20.35 ^{ns}	9.32 ^{ns}	2.02 ^{ns}	1.36 ^{ns}
Quadrática	1	0.21 ^{ns}	6.98 ^{ns}	0.03 ^{ns}	0.16 ^{ns}	25.08**	36.05**	17.88 ^{ns}	38.70 ^{ns}	44.27**	60.30 ^{ns}	0.54 ^{ns}
Desv. de Regr.	1	77.98 ^{ns}	3048.07 ^{ns}	0.38 ^{ns}	2.13 ^{ns}	0.06 ^{ns}	0.09 ^{ns}	0.49 ^{ns}	4.18 ^{ns}	8.77 ^{ns}	24.07 ^{ns}	0.04 ^{ns}
D x A	9	114.16 ^{ns}	4456.58 ^{ns}	0.17 ^{ns}	0.94 ^{ns}	1.15 ^{ns}	1.67 ^{ns}	8.98 ^{ns}	16.67 ^{ns}	8.65 ^{ns}	26.88 ^{ns}	0.58 ^{ns}
Bloco	2	124.34 ^{ns}	4847.62 ^{ns}	0.77*	4.13*	4.24 ^{ns}	6.14 ^{ns}	20.15 ^{ns}	50.25 ^{ns}	2.37 ^{ns}	26.53 ^{ns}	1.39 ^{ns}
Resíduo	30	64.85	2531.05	0.18	0.94	3.05	4.40	10.97	23.57	4.43	14.17	0.31
C.V. (%)	-	35,47	35,45	13,58	13,49	12,14	12,14	31,57	33,53	27,76	28,97	18,47

** Significativo a 1% de probabilidade; * Significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} Não significativo

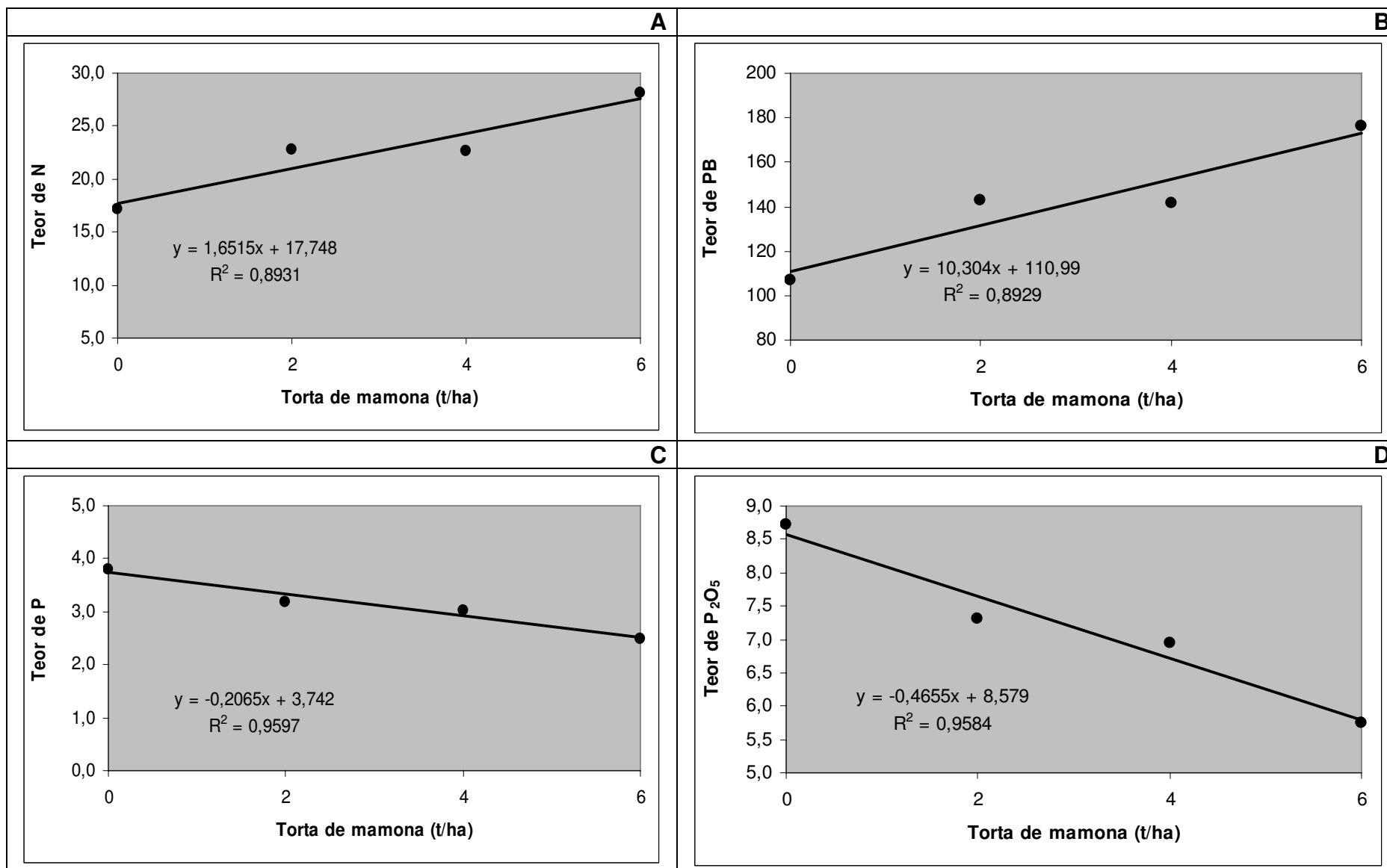


Figura 13. Relação entre as variáveis teores de N (A), PB (B), P(C) e P_2O_5 (C) em função da adubação. Campina Grande - PB, 2007.

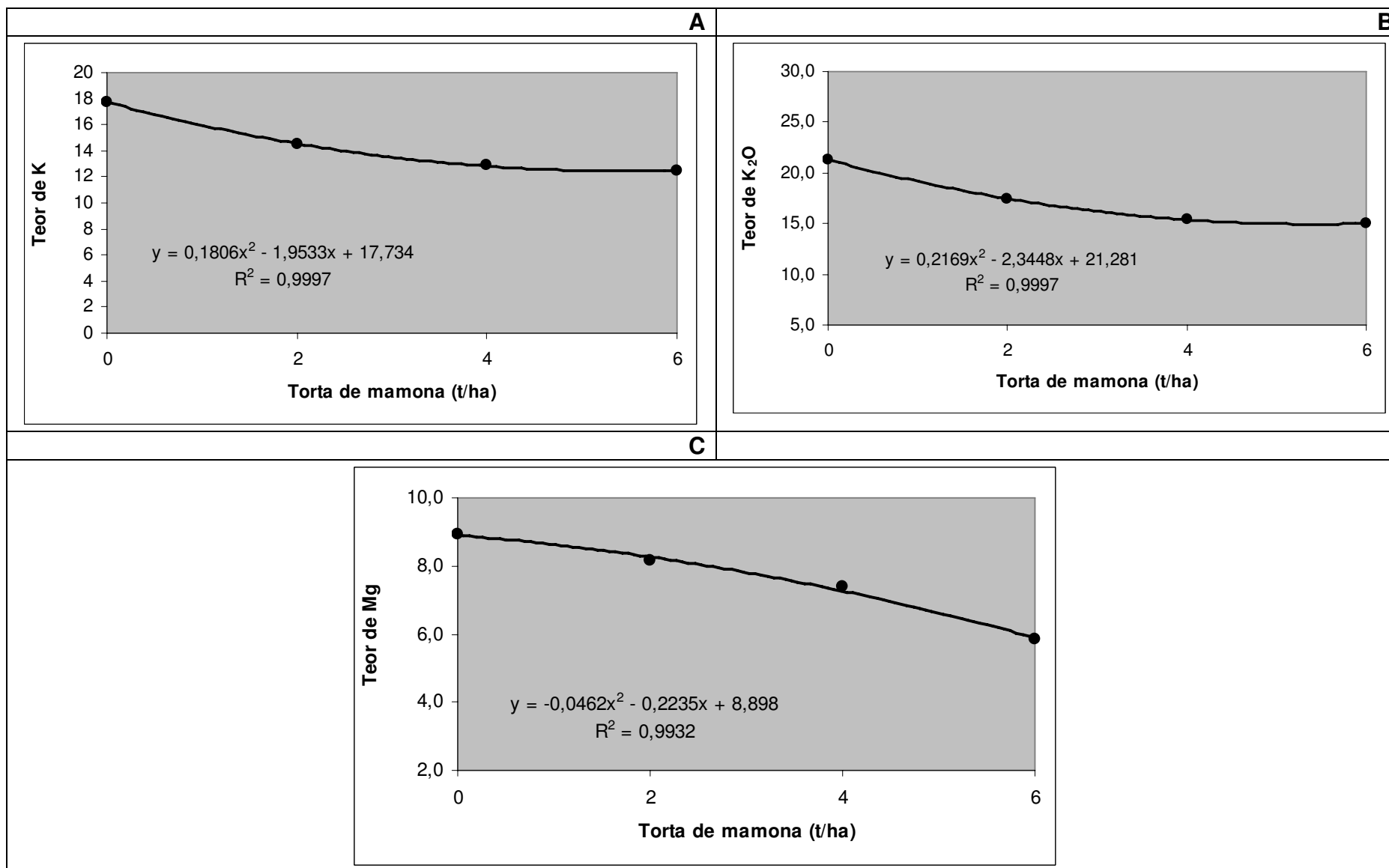


Figura 14. Relação entre as variáveis teores de K (A), K₂O (B) e Mg (C) em função da adubação. Campina Grande - PB, 2007.

4.4 Variáveis físicas do solo em função de diferentes densidades e adubação

Na Tabela 16 encontra-se os resumos das análises de variâncias relativos aos dados da análise física do solo em função das diferentes densidades do solo e da adubação com a torta de mamona, na qual observa-se efeito significativo da densidade do solo sobre a velocidade de infiltração da água no solo, o que é obvio, pois a medida que diminui os espaços porosos menor será a capacidade de infiltração da água (GREGORY, 1992). Na Figura 15, verifica-se os efeitos decrescentes da infiltração representado por uma equação de regressão quadrática, na qual demonstra que no grau de densidade $2,0 \text{ kg.dm}^{-3}$ a capacidade de infiltração do solo foi reduzida em aproximadamente 100% em relação a densidade $1,4 \text{ kg.dm}^{-3}$. Estes resultados confirmam os dados obtidos por Stone et. al., 2002, que a macroporosidade teve redução altamente sigficativa quando passou do nível de 1,0 para $1,6 \text{ kg dm}^{-3}$.

Tabela 16. Resumos das análises de variâncias (quadrados médios) referentes aos dados da análise física do solo em função de diferentes densidades de solo e adubação. Campina Grande - PB, 2007.

F.V	G.L.	Velocidade de Infiltração (ml/cm)	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Densidade aparente (kg/dm^3)	Densidade real (kg/dm^3)	Porosidade (%)
Densidade (D)	3	1093571.35**	0.046 ^{ns}	0.986 ^{ns}	1.58 ^{ns}	0.0052 ^{ns}	0.000052 ^{ns}	10.97 ^{ns}
Linear	1	2628180.10**	-	-	-	-	-	-
Quadrática	1	575313.02*	-	-	-	-	-	-
Desv. de Regr.	1	77220.94 ^{ns}	-	-	-	-	-	-
Adubação (A)	3	89076.91 ^{ns}	0.929 ^{ns}	1.18 ^{ns}	0.385 ^{ns}	0.0012 ^{ns}	0.0014 ^{ns}	2.96 ^{ns}
Linear	1	-	-	-	-	-	-	-
Quadrática	1	-	-	-	-	-	-	-
Desv. de Regr.	1	-	-	-	-	-	-	-
D x A	9	224764.87 ^{ns}	0.592 ^{ns}	0.388 ^{ns}	0.267 ^{ns}	0.0034 ^{ns}	0.00039 ^{ns}	4.51 ^{ns}
Bloco	2	319848.44 ^{ns}	29.67**	19.21**	1.93*	0.0018 ^{ns}	0.00058 ^{ns}	1.56 ^{ns}
Resíduo	30	109027.33	0.936	0.608	0.494	0.0028	0.0007	4.19
C.V. (%)	-	30,94	1,31	6,13	5,17	3,38	0,97	4,89

** Significativo a 1% de probabilidade, * Significativo a 5% de probabilidade, ^{ns} Não significativo

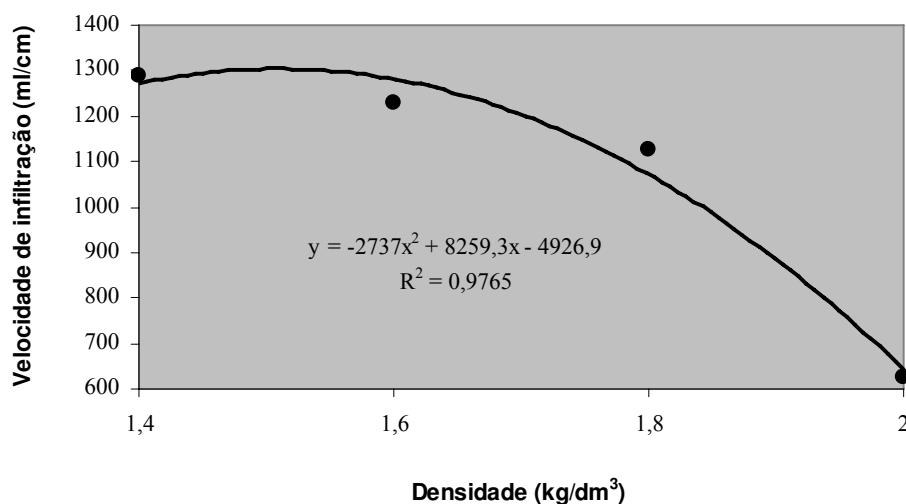


Figura 15 Relação entre as variáveis velocidade de infiltração de água do solo (ml/cm) em função de diferentes densidades do solo. Campina Grande - PB, 2007.

Na Tabela 17, encontra-se os resumos das análises de variâncias relativos aos dados da umidade do solo em função das diferentes densidades do solo e da adubação com a torta de mamona. Observa-se efeito significativo da adubação com a torta de mamona sobre a umidade natural do solo e efeito significativo da interação densidade e adubação sobre a umidade 0,33 atm (%). O efeito da torta de mamona sobre a umidade natural pode ser observado na Figura 16, na qual verifica-se comportamento quadrático da curva adubação em que o quantitativo que proporcionou menor percentagem de umidade natural ao solo foi de 1,74 t/ha, acima deste valor a umidade natural teve acréscimo chegando ao percentual de 0,55 % no quantitativo de 6 t/ha. Este comportamento pode ser explicado pela melhoria da textura e estrutura do solo facilitando maior retenção de água proporcionado pela torta de mamona como ressalta Beltrão (2002) em seus estudos com a torta.

Tabela 17. Resumos das análises de variâncias (quadrados médios) referentes aos dados da análise física do solo em função de diferentes densidades de solo e adubação. Campina Grande - PB, 2007. (Continuação).

F.V	G.L.	Umidade natural (%)	Umidade 0,33 atm (%)	Umidade 15,0 atm (%)	Água disponível
Densidade (D)	3	0.013*	0.47**	0.12 ^{ns}	0.31 ^{ns}
Linear	1	0.01305 ^{ns}	-	-	-
Quadrática	1	0.0111 ^{ns}	-	-	-
Dev. de Regr.	1	0.0152 ^{ns}	-	-	-
Adubação (A)	3	0.059**	0.44**	0.21 ^{ns}	0.23 ^{ns}
Linear	1	0.1183**	-	-	-
Quadrática	1	0.0595**	-	-	-
Dev. de Regr.	1	0.0004 ^{ns}	-	-	-
D x A	9	0.008 ^{ns}	0.43**	0.087 ^{ns}	0.45 ^{ns}
Bloco	2	0.021*	9.49**	2.45**	4.43**
Resíduo	30	0.0041	0.079	0.084	0.42
C.V. (%)	-	14,63	3,80	9,601	14,68

** Significativo a 1% de probabilidade, * Significativo a 5% de probabilidade, ns Não significativo

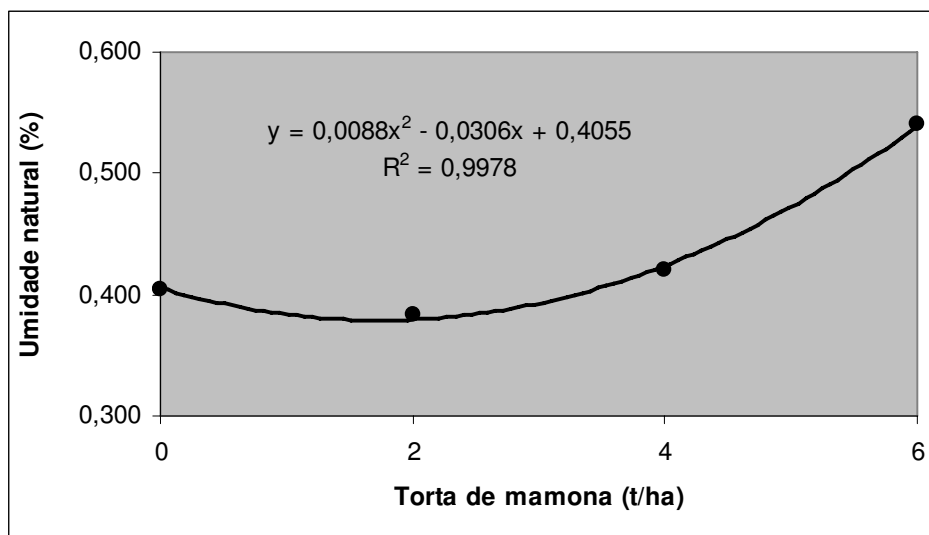


Figura 16. Relação entre as variáveis Umidade natural do solo em função da adubação. Campina Grande - PB, 2007.

Com relação ao desdobramento dos fatores densidade do solo e adubação para a umidade a 0,33 atm, Tabela 18, verifica-se efeito significativo da densidade sobre adubação nas doses 0 e 4 t e da adubação sobre a densidade nos níveis de 1,4; 1,6 e 2,0 kg/dm³. O comportamento das curvas de regressão de modelo quadrático pode ser observado na figura 17 A e B, em que a maior disponibilidade de água na umidade 0,33 atm (%) na interação densidade dentro da adubação de dose 0 ocorreu no ponto de inflexão da curva com densidade 1,71 kg.dm⁻³ e para a dose 4 t/ha, no ponto 1,78 kg.dm⁻³. Para a interação adubação dentro da densidade 1,4; 1,6 e 2 kg.dm⁻³, observa-se para a densidade normal do solo, ponto 1,4 kg.dm⁻³ uma curva sinuosa em que o valor na adubação 0 é 7%, aumentando a disponibilidade de água com a adubação de 2 t para 7,5%, retornando ao descenso na adubação 4 t e subindo na adubação 6 t. Na densidade 1,6 kg.dm⁻³ observa-se maior disponibilidade de água na adubação 0, seguido de ligeira redução de água nos demais níveis de adubação. Já na densidade 2 kg.dm⁻³ verifica-se menor disponibilidade de água nos níveis de adubação 2 e 4 t. Explicando de uma maneira geral o comportamento dos gráficos, a torta de mamona demonstrou tendência de uma maior disponibilidade de água a 0,33 atm, mas a compactação do solo em diferentes níveis impediu uma maior disponibilidade de água. Este comportamento pode ser explicado pelo que preconiza Beltrão (2002), que a torta de mamona melhora as condições físicas do solo e Stone et. al. (2002), abordam os efeitos negativos de que este fator poderá causar aos atributos relativos a disponibilidade da água.

Tabela 18. Desdobramento da interação dos fatores densidades de solo e adubação (quadrados médios) referente à variável Umidade a 0,33 atm. Campina Grande - PB, 2007. (Continuação).

F.V	G.L.	Umidade 0,33 atm (%)
<u>Densidade/Adub. 0</u>	3	1.30**
Linear	1	0.0273 ^{ns}
Quadrática	1	1.840**
Desv. de Regr.	1	2.038**
<u>Densidade/Adub. 2</u>	3	0.122 ^{ns}
<u>Densidade/Adub. 4</u>	3	0.255*
Linear	1	0.323*
Quadrática	1	0.433*
Desv. de Regr.	1	0.008 ^{ns}
<u>Densidade/Adub. 6</u>	3	0.087 ^{ns}
<u>Adubação/Dens. 1,4</u>	3	0.424**
Linear	1	0.111 ^{ns}
Quadrática	1	0.026 ^{ns}
Desv. de Regr.	1	1.137**
<u>Adubação/Dens. 1,6</u>	3	0.992**
Linear	1	1.741**
Quadrática	1	1.092**
Desv. de Regr.	1	0.144*
<u>Adubação/Dens. 1,8</u>	3	0.005 ^{ns}
<u>Adubação/Dens. 2</u>	3	0.315*
Linear	1	0.212 ^{ns}
Quadrática	1	0.725 ^{ns}
Desv. de Regr.	1	0.008 ^{ns}

** Significativo a 1% de probabilidade, * Significativo a 5% de probabilidade, ^{ns} Não significativo

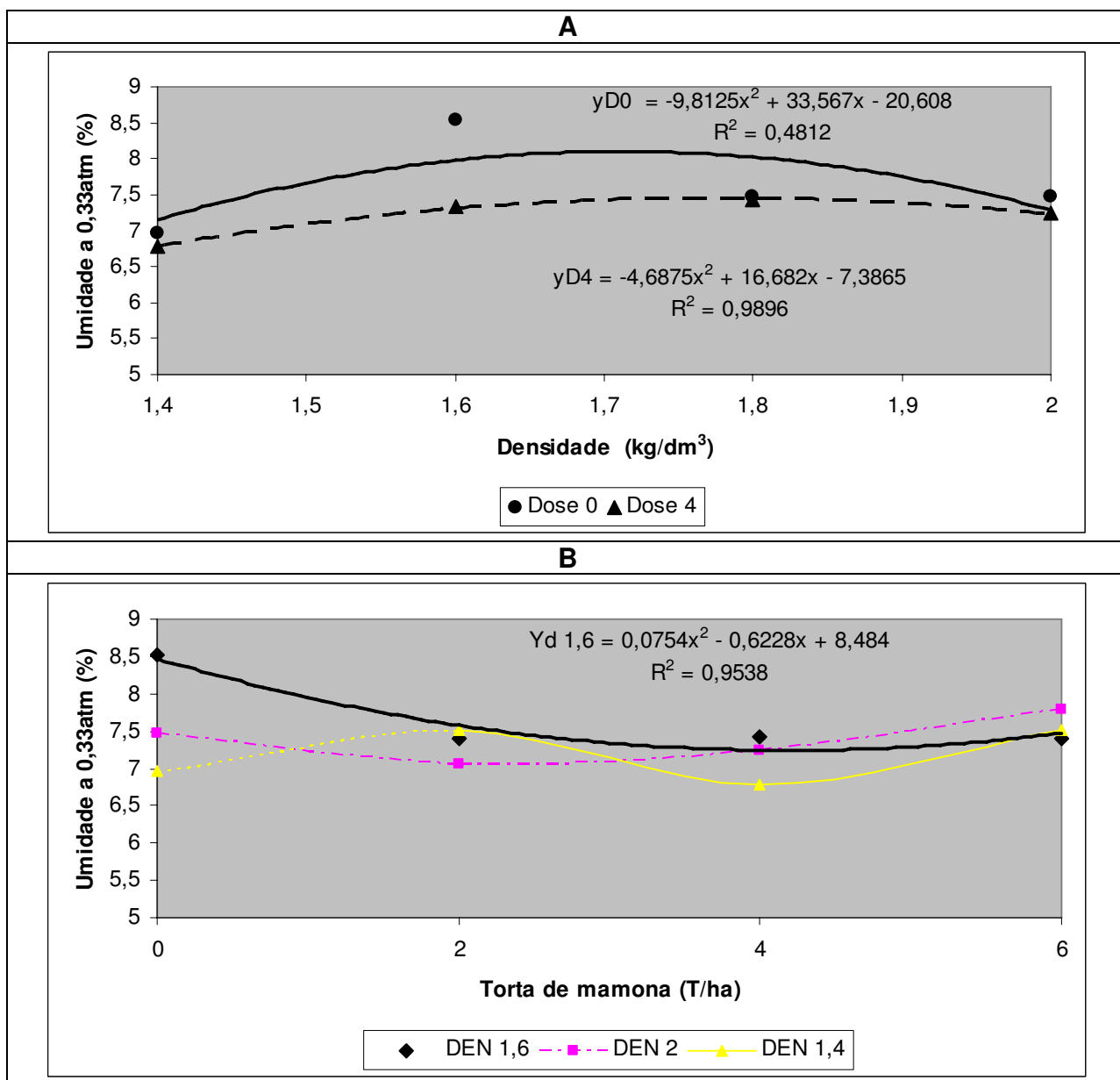


Figura 17. Relação entre as variáveis Umidade a 0,33atm (%) do solo em função das densidades nas adubações, doses 0 e 4 t/ha (A) e em função da adubação dentro das densidades 1,4; 1,6 e 2 kg/dm³ (B). Campina Grande - PB, 2007.

4.5 Variáveis químicas do solo em função de diferentes densidades e adubação

Na Tabela 19, encontra-se o desdobramento das interações referentes aos dados da análise física do solo em função de diferentes densidades de solo e adubação, na qual observa-se efeito significativo para o cálcio (Ca) na interação densidade dentro de adubação na dosagem de 6 t e na adubação com a densidade do solo de 1,6 kg.dm⁻³, já para o sódio (Na) observou-se efeito significativo na densidade dentro de adubação nas dosagens 0 e 6 t e na adubação dentro das densidade de 1,6; 1,8 e 2,0 kg.dm⁻³. Para o Potássio (K) observou-se efeito significativo da densidade dentro da adubação nas dosagens 0; 2 e 6 t/ha e

da adubação dentro das densidades 1,8 e 2 kg.dm⁻³. Analisando a Figura 18 A para o teor de cálcio, observa-se uma curva de regressão de comportamento quadrático, em que o maior valor disponível deste elemento foi determinado através da derivação da curva obtendo-se o valor 1,64 kg.dm⁻³ de densidade dentro da adubação na dosagem 6 t, enquanto, que na Figura 18 B, verifica-se a disponibilidade do teor de cálcio de forma linear e crescente de acordo com a elevação dos níveis de adubação da torta de mamona, dentro da densidade 1,6 kg.dm⁻³.

Na figura 18 C, observa-se que o teor de sódio nos diferentes níveis de densidades estudados apresentou curvas de comportamento quadrático, porém a curva relativa ao sódio na dose zero de adubação apresentou valor mínimo quando a densidade do solo era 1,58 kg.dm⁻³, e a seguir, elevando-se de forma crescente até atingir o máximo da densidade. Enquanto, que o teor de sódio para a dose de 6 t/ha de adubo (torta de mamona), seu máximo valor, obtido através de derivação da curva foi na densidade de 1,95 kg.dm⁻³.

Na Figura 18 D, verifica-se o comportamento do teor de sódio em função da adubação com curvas de comportamento linear para as densidades 1,6 e 1,8 kg.dm⁻³ e comportamento quadrático para a densidade de 2 kg.dm⁻³. Nas densidades 1,6 e 1,8 kg.dm⁻³ observa-se que a medida em que os níveis de adubação foram crescendo o teor de sódio foi aumentando, enquanto que na densidade 2 kg.dm⁻³ observou-se um decréscimo com alto valor na dose zero de torta, decrescendo até o nível da adubação de 3,67 t/ha elevando-se a seguir até o valor máximo da adubação.

Na Figura 18 E, encontra-se o comportamento do K, nos diferentes níveis de densidades do solo, em função da adubação nas doses 0; 2 e 6 (t/ha), nas quais na dosagem zero não foi encontrada um modelo de equação de regressão de forma ajustada, enquanto que para a dosagem 2 t/ha o modelo de regressão apresentou comportamento de natureza quadrática, em que por derivação estimou-se o valor da densidade do solo que possibilitou o maior teor de K nas folhas. Na dosagem de 6 t/ha, a equação de regressão apresentou comportamento retilíneo com os teores de K crescentes a medida em que se aumentou a dosagem da adubação. Na Figura 18 F, observa-se o comportamento do teor de K no solo em função das doses de adubação dentro da densidade do solo, nos valores de 1,8 e 2,0 (kg.dm⁻³), cujos modelos da equação de regressão foram retilíneos, de comportamento similar, em que os maiores valores de K foram observados para a densidade 2,0 kg.dm⁻³.

Observando de forma conjunta os gráficos da Figura 18, relativo ao cálcio, ao sódio e ao potássio, verifica-se que a maior dosagem da torta de mamona e os maiores níveis de compactação do solo exerceram influência significativa sobre estes elementos que podem ser explicado, possivelmente, pela maior concentração dos teores destes elementos na torta coadjuvada pela sua maior dosagem ao solo e, a densidade, que possivelmente tenha concentrado estes elementos nos níveis de maior compactação. Estas explicações encontram de certa forma respaldo nos resultados obtidos por (COSTA et al. 2006; ROSOLEM et., al 1994)

Tabela 19. Desdobramento das interações (quadrados médios) referentes aos dados da análise física do solo cálcio (Ca), sódio (Na) e potássio (K) em função de diferentes densidades de solo e adubação. Campina Grande - PB, 2007.

F.V	G.L.	Ca	Na	K
<u>Densidade/Adub. 0</u>	3	0.044 ^{ns}	0.062**	0.001*
Linear	1	-	0.113**	0.00004 ^{ns}
Quadrática	1	-	0.060**	0.00007 ^{ns}
Desv. de Regr.	1	-	0.0126**	0.0033*
<u>Densidade/Adub. 2</u>	3	0.042 ^{ns}	0.0005 ^{ns}	0.003**
Linear	1	-	-	0.002*
Quadrática	1	-	-	0.006**
Desv. de Regr.	1	-	-	0.0003 ^{ns}
Densidade/Adub. 4	3	0.009 ^{ns}	0.0007 ^{ns}	0.0007 ^{ns}
<u>Densidade/Adub. 6</u>	3	0.747**	0.005**	0.005**
Linear	1	0.198 ^{ns}	0.0123**	0.0144**
Quadrática	1	0.460*	0.0016*	0.0004 ^{ns}
Desv. de Regr.	1	1.584**	0.0024**	0.0002 ^{ns}
<u>Adubação/Dens. 1,4</u>	3	0.021 ^{ns}	0.0011*	0.001 ^{ns}
Linear	1	-	0.0006 ^{ns}	-
Quadrática	1	-	0.0024 ^{ns}	-
Desv. de Regr.	1	-	0.0002 ^{ns}	-
<u>Adubação/Dens. 1,6</u>	3	0.692**	0.0012*	0.0001 ^{ns}
Linear	1	1.423*	0.0032*	-
Quadrática	1	0.607 ^{ns}	0.0003 ^{ns}	-
Desv. de Regr.	1	0.047 ^{ns}	0.0001 ^{ns}	-
<u>Adubação/Dens. 1,8</u>	3	0.031 ^{ns}	0.007**	0.003**
Linear	1	-	0.0216**	0.0021*
Quadrática	1	-	0.0016 ^{ns}	0.0005 ^{ns}
Desv. de Regr.	1	-	0.000006 ^{ns}	0.006**
<u>Adubação/Dens. 2</u>	3	0.043 ^{ns}	0.044**	0.004**
Linear	1	-	0.047**	0.0104*
Quadrática	1	-	0.075**	0.003 ^{ns}
Desv. de Regr.	1	-	0.008**	0.00001 ^{ns}

** Significativo a 1% de probabilidade, * Significativo a 5% de probabilidade, ns Não significativo.

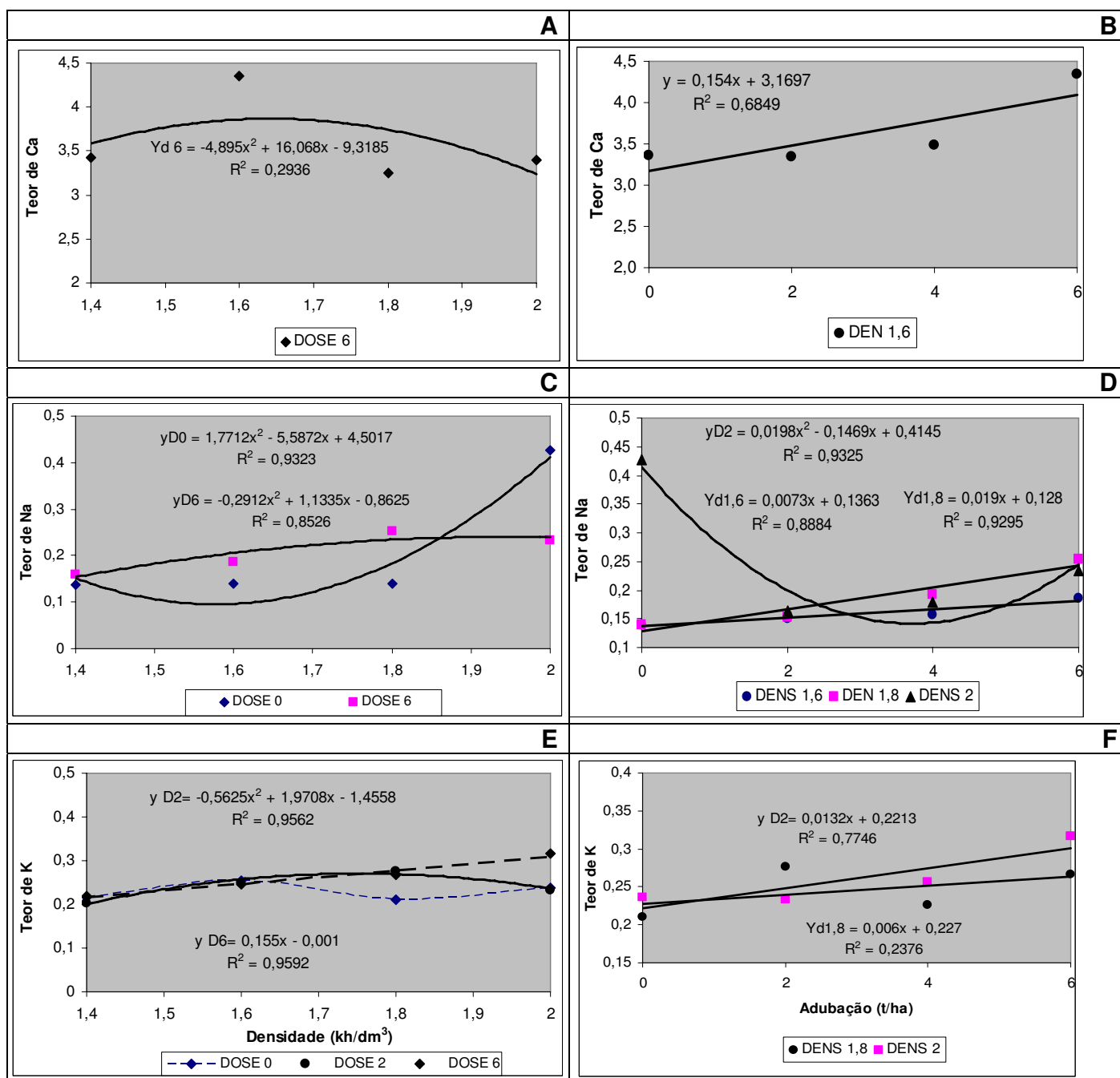


Figura 18. Relação entre as variáveis teores de Ca (A), Na (C) e K (E) do solo em função das densidades dentro de doses da adubação e teores de Ca (B), Na (D) e K (F) em função da adubação dentro das densidades. Campina Grande - PB, 2007.

Na Tabela 20, encontra-se o desdobramento das interações referentes aos dados da análise química do solo em função de diferentes densidades e níveis de adubação, na qual observa-se efeito significativo para o elemento Carbono (C) e para a matéria orgânica (MO) em função da densidade do solo dentro de adubação nas dosagens 0; 2; 4 e 6 (t/ha), para o fósforo (P) dentro da adubação com dosagens 2 e 6 (t/ha) e para a condutividade elétrica com adubações de 0; 2 e 6 (t/ha). Nesta Tabela, encontra-se também o desdobramento das interações relativos aos dados da análise física do solo em função da adubação dentro

dos diferentes níveis de densidades estudadas, na qual observa-se efeito significativo para o Carbono nas densidades 1,6; 1,8 e 2 $\text{kg}\cdot\text{dm}^{-3}$, para a matéria orgânica (MO) nas densidades 1,4; 1,6; 1,8 e 2 ($\text{kg}\cdot\text{dm}^{-3}$) e para a condutividade elétrica, nas densidades 1,4; 1,6; 1,8 e 2 ($\text{kg}\cdot\text{dm}^{-3}$).

Na Figura 19 A, observa-se as equações de regressão que descrevem curvas de natureza quadrática e de comportamento muito similar para o teor de Carbono em todos os níveis de adubação. No entanto a curva que expressa maior valor para este elemento foi a da adubação de dosagem 2 t/ha, cujo maior valor absoluto alcançado mediante derivação da equação foi na densidade de 1,8 $\text{kg}\cdot\text{dm}^{-3}$. Enquanto a curva que expressou o menor teor de Carbono foi na adubação de dose zero, as demais curvas apresentaram valores intermediários entre estas duas curvas referenciada. Na figura 19 B que representa as equações de regressão para a Matéria Orgânica (MO), onde se observa para a dosagem zero de torta de mamona, uma curva foi de natureza retilínea, com valores crescentes a medida que se aumenta a densidade. As equações que representam as dosagens 2, 4 e 6 (t/ha) de torta são de natureza quadrática, de comportamento curvilíneo, cujas curvas são semelhantes, sendo os maiores valores observados para as dosagens 2; 4 e 6 (t/ha) foram respectivamente, nas densidades 1,8; 1,72 e 1,66 $\text{kg}\cdot\text{dm}^{-3}$. Na figura 19 C, observa-se o comportamento do fósforo (P), que apresenta equações de regressão de comportamento quadrático e configurações semelhantes, cujos maiores valores do elemento fósforo, dentro das adubações de dose 2 e 6 (t/ha) foi verificado para as densidades de 1,6 e 2,0 ($\text{kg}\cdot\text{dm}^{-3}$).

De uma forma geral, analisando o comportamento gráfico do carbono, da matéria orgânica e do fósforo (Figura 19), a adição da torta de mamona contribui, ligeiramente, para a melhoria do solo, mesmo na presença da compactação, este dado tem como sustentabilidade nas afirmações de (BELTRÃO 2002; SEVERINO et., al., 2007), que a torta de mamona, de uma forma geral, melhora os atributos físicos e químicos do solo.

Para o comportamento da condutividade elétrica, dentro de doses de adubação (Figura 19 D), observa-se equações de regressão de modelo quadrático para as doses 0 e 2 (t/ha) e linear para a dose de 6 t/ha. De uma maneira geral, os maiores valores da condutividade elétrica são observados a medida que crescem as dosagens de adubação fato este que possivelmente pode ser explicado, pela rápida mineralização da torta de mamona citada por (BELTRÃO 2002; SEVERINO et., al., 2007), liberando íons ao solo promovendo pequenas alterações na parte salina do mesmo.

Com relação ao desdobramento de doses de adubação dentro das diferentes densidade do solo, os elementos carbono (C), matéria orgânica (MO) e condutividade elétrica apresentaram interações significativas. Para o teor de carbono (Figura 20 A), verifica-se equações de regressão de modelo quadrático para as densidades 1,6 e 2,0 (kg/dm^3) e linear para a densidade 1,8 kg/dm^3 . Os maiores teores foram observados nas dosagens de adubo de 3,4 t/ha para a densidade de 1,6 kg/dm^3 e 3,17 t/ha para a densidade 2,0 kg/dm^3 , enquanto que para a densidade de 1,8 kg/dm^3 o teor de carbono foi crescente, cujo maior valor observado foi na dosagem de 6 t/ha.

Quanto ao teor de matéria orgânica, como era de se esperar, a interação entre adubação e densidade foi significativo para todos os níveis. As equações de regressão que representam as adubações dentro da densidade são de modelos quadráticos (Figura 20 B), com curvas que demonstram tendências de crescimento com o aumento da dose de torta de mamona, até os respectivos pontos de inflexão das curvas, que são determinados através da derivação da equação, com valores de 5,20; 4,46; 4,40 e 1,79 (kg/dm^3), representando respectivamente as densidades de 1,4; 1,6; 1,8 e 2 (kg/dm^3). De uma maneira geral, na densidade de 1,8 kg/dm^3 observou-se os maiores teores de matéria orgânica. Observando o comportamento dos gráficos da Figura 20, que de uma forma geral, constata-se valores levemente crescentes à medida que se aumenta a dosagem da torta de mamona. Certamente, a compactação do solo não deverá causar nenhum efeito sobre estes atributos do solo, entretanto a mineralização da torta nas diferentes doses possivelmente tenha contribuído para o ligeiro aumento dos teores de matéria orgânica e fósforo, resultando assim na melhoria do solo observado por Beltrão (2002) e Severino et., al., (2007), quando se usa a torta da mamona como adubo orgânico.

Quanto à condutividade elétrica considerando doses de adubação dentro de densidades (Figura 20 C), as equações de regressão para as densidades 1,4; 1,6 e 2,0 (kg/dm^3) são de modelo quadrático, apresentado valor máximo de condutividade para a curva que representa a densidade 1,4 kg/dm^3 na dosagem de 3,19 t/ha e valores mínimos de condutividade para as densidades 1,6 e 2,0 (kg/dm^3) nas dosagens de 5,17 e 1,76 (t/ha), respectivamente. Quanto a densidade 1,8 kg/dm^3 , o modelo foi linear com crescimento de 0,0076 para cada tonelada de torta adicionada ao solo. De uma maneira geral observou-se crescimento da condutividade elétrica da dosagem final da adubação 6 t/ha em relação a inicial 0 t/ha. Este resultado pode ser explicado, possivelmente pela rápida mineralização da torta da mamona descrita por Severino (2005), liberando íons ao solo promovendo pequenas alterações na parte salina do mesmo.

Analisando o comportamento das variáveis relacionadas ao crescimento e a fisiologia e bioquímica da planta da mamoneira e variáveis do solo, em função da compactação e da adubação com a torta de mamona, observa-se que mesmo havendo o impedimento físico provocado pelo adensamento do solo, a torta, de uma forma geral favoreceu positivamente o desenvolvimento e melhoria das variáveis relacionadas ao desenvolvimento da folha e da planta e do solo demonstrando que este co-produto é um importante fertilizante, que mesmo em condições adversas melhora as características químicas e físicas do solo, auxiliando no desenvolvimento e consequentemente na produção da planta. Portanto, a torta como fertilizante pode fazer parte de um sistema de agricultura sustentável em que o uso apropriado de um processo agropecuário e dos insumos agrícolas permitem a manutenção e a viabilidade econômica e social, além da preservação da qualidade e da alta produtividade do solo como preconiza Keeney (1990).

Tabela 20. Desdobramento das interações (quadrados médios) referentes aos dados da análise química e física do solo carbono (C), matéria orgânica (M.O), fósforo (P) e condutividade elétrica (C.E) em função de diferentes densidades de solo e adubação. Campina Grande -PB, 2007.

F.V	G.L	C	M.O	P	C. E
<u>Densidade/Adub. 0</u>	3	5.080**	18.26**	0.004 ^{ns}	0.0009**
Linear	1	0.004 ^{ns}	52.08**	-	0.00096**
Quadrática	1	12.20**	2.16 ^{ns}	-	0.0016**
Desv. de Regr.	1	3.03**	0.54 ^{ns}	-	0.0002 ^{ns}
<u>Densidade/Adub. 2</u>	3	2.988**	8.93**	0.006*	0.0015**
Linear	1	4.16*	12.88**	0.0006 ^{ns}	0.0023**
Quadrática	1	3.63*	10.45**	0.0135**	0.0018*
Desv. de Regr.	1	1.17 ^{ns}	3.46**	0.0051 ^{ns}	0.0006 ^{ns}
<u>Densidade/Adub. 4</u>	3	6.256**	16.29**	0.007*	0.0002 ^{ns}
Linear	1	1.98 ^{ns}	1.73*	0.0014 ^{ns}	-
Quadrática	1	11.80**	46.41**	0.007 ^{ns}	-
Desv. de Regr.	1	4.98*	0.72 ^{ns}	0.012 ^{ns}	-
<u>Densidade/Adub. 6</u>	3	9.249**	25.80**	0.006*	0.0007**
Linear	1	0.060 ^{ns}	10.50**	0.007**	0.002**
Quadrática	1	17.52**	55.90**	0.011**	0.00003 ^{ns}
Desv. de Regr.	1	10.17**	11.01**	0.0007 ^{ns}	0.0001 ^{ns}
<u>Adubação/Dens. 1,4</u>	3	2.84**	16.48**	0.001 ^{ns}	0.0016**
Linear	1	1.60 ^{ns}	37.76**	-	0.0002 ^{ns}
Quadrática	1	1.76 ^{ns}	6.16**	-	0.0044**
Desv. de Regr.	1	5.16*	5.52**	-	0.0004
<u>Adubação/Dens. 1,6</u>	3	5.57**	17.99**	0.011**	0.0012**
Linear	1	3.45*	39.20**	0.0058 ^{ns}	0.0032**
Quadrática	1	12.81**	14.74**	0.0039 ^{ns}	0.0005*
Desv. de Regr.	1	0.45 ^{ns}	0.03 ^{ns}	0.023**	0.000007
<u>Adubação/Dens. 1,8</u>	3	4.48**	11.78**	0.005 ^{ns}	0.0011**
Linear	1	4.648**	24.19**	-	0.003375**
Quadrática	1	0.041 ^{ns}	9.90**	-	0.000008 ^{ns}
Desv. de Regr.	1	8.74**	1.26 ^{ns}	-	0.000041
<u>Adubação/Dens. 2</u>	3	9.11**	11.15**	0.002 ^{ns}	0.0008**
Linear	1	1.29 ^{ns}	21.36*	-	0.0017*
Quadrática	1	22.96**	11.60*	-	0.0008*
Desv. de Regr.	1	3.082*	0.486 ^{ns}	-	0.00006 ^{ns}

** Significativo a 1% de probabilidade, * Significativo a 5% de probabilidade, ns Não significativo

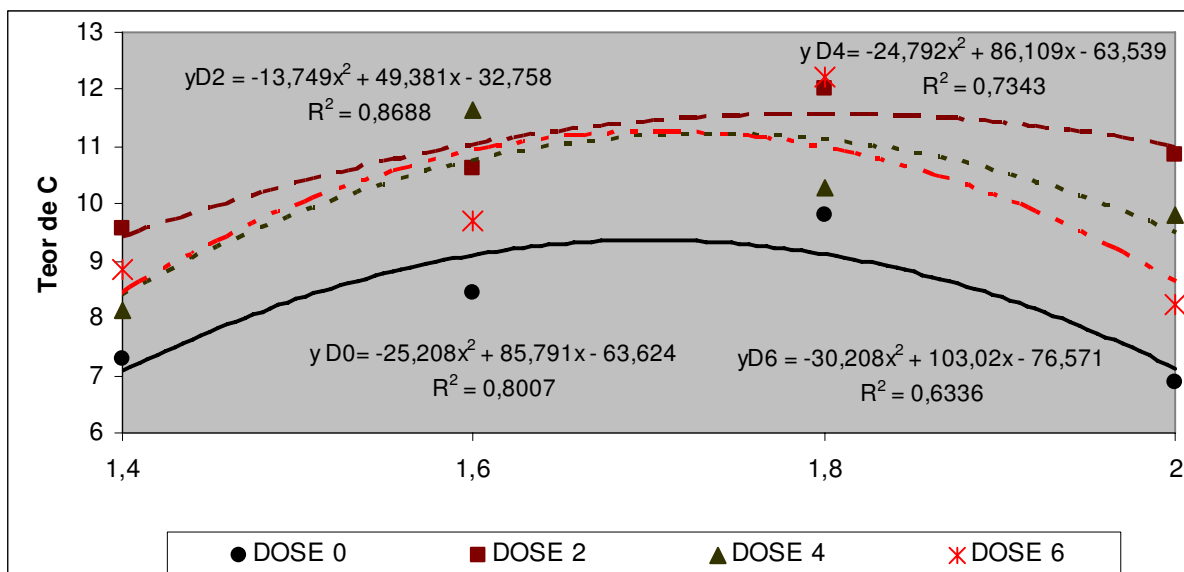


Figura 19 A. Relação entre a variável teor de carbono do solo em função das densidades nas diferentes doses da adubação. Campina Grande - PB, 2007.

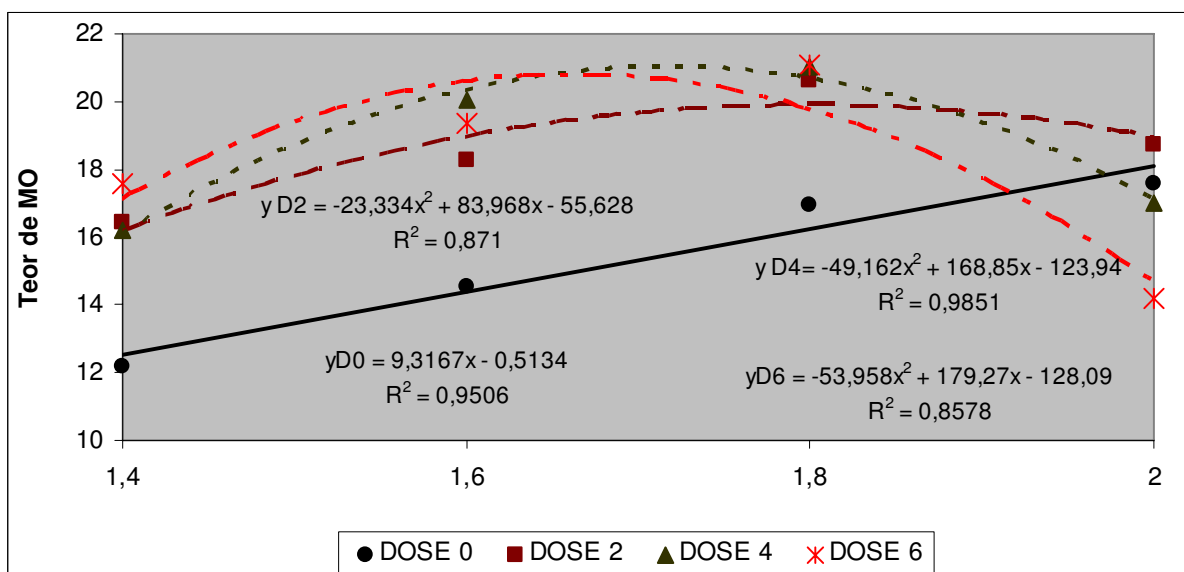


Figura 19 B. Relação entre a variável teor de matéria orgânica (MO) do solo em função das densidades nas diferentes doses da adubação. Campina Grande - PB, 2007.

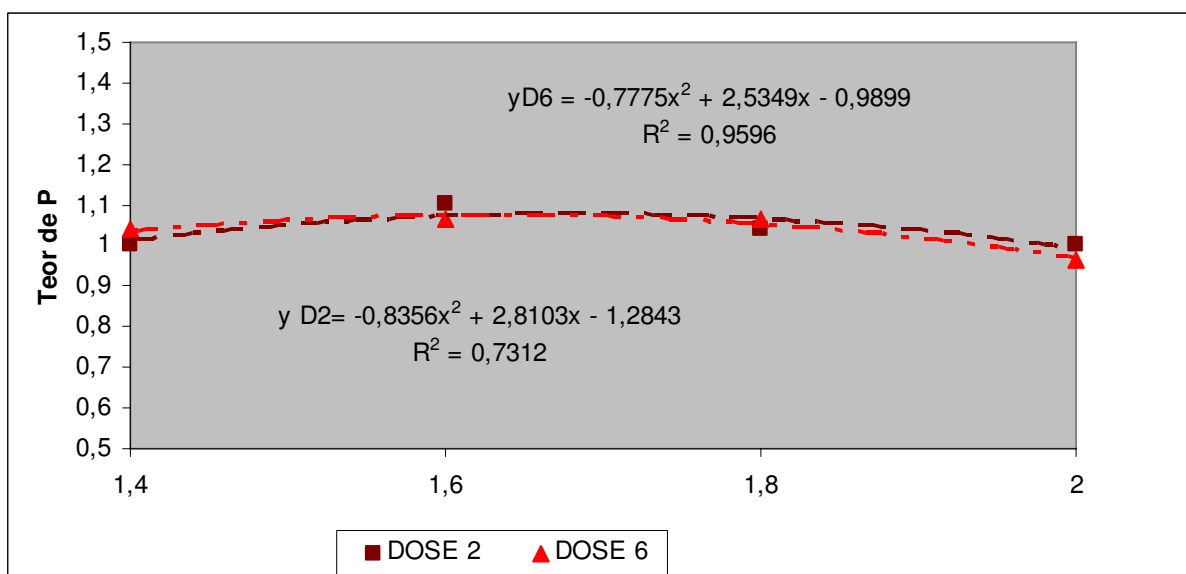


Figura 19 C. Relação entre a variável teor de fósforo (P) do solo em função das densidades nas diferentes doses da adubação. Campina Grande - PB, 2007.

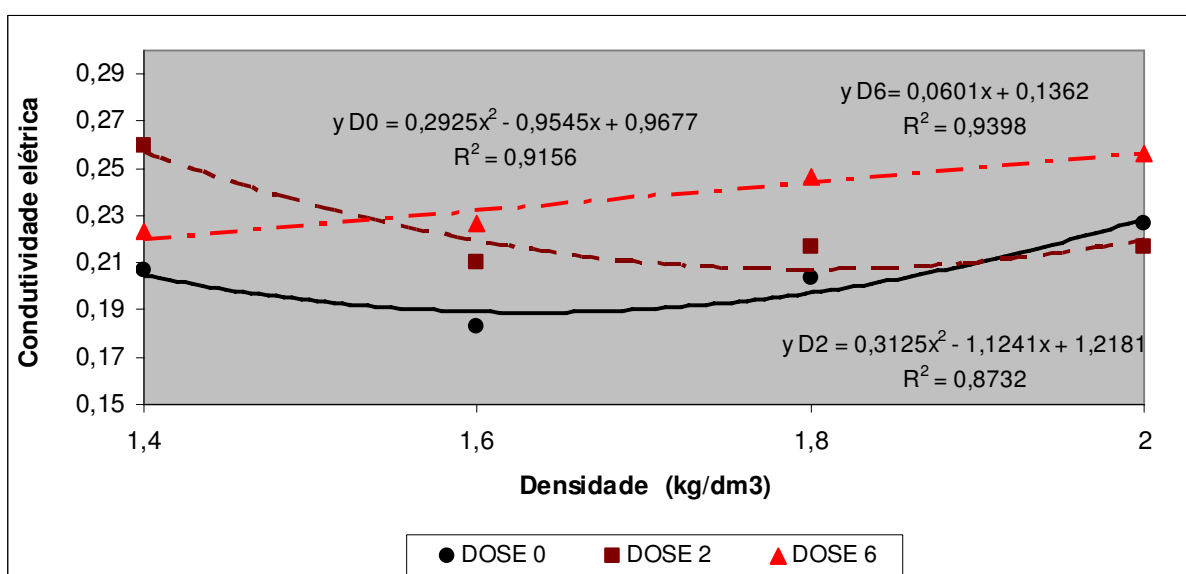


Figura 19 D. Relação entre a variável condutividade elétrica do solo em função das densidades nas diferentes doses da adubação. Campina Grande - PB, 2007.

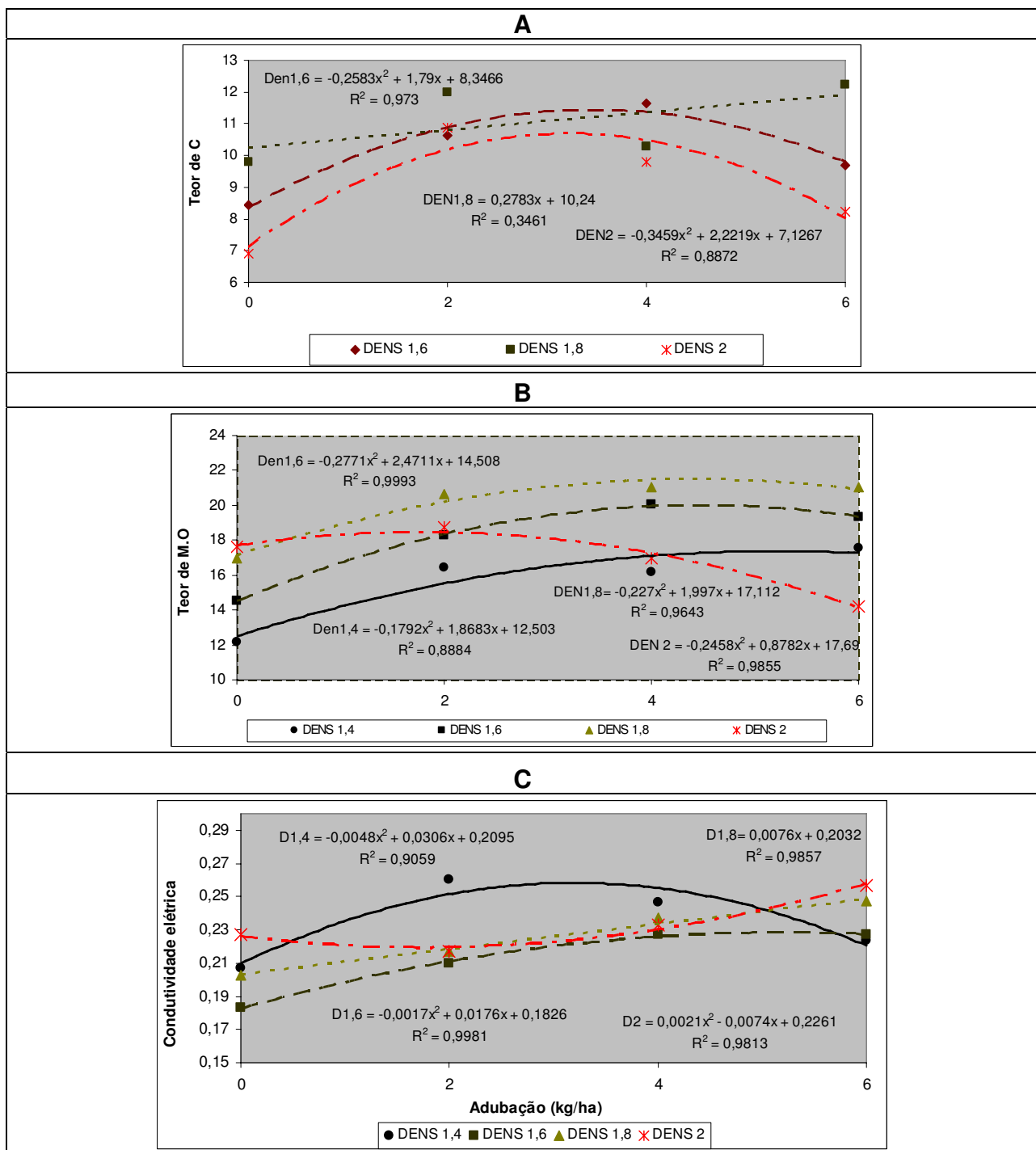


Figura 20. Relação entre as variáveis teores de carbono (A), matéria orgânica (B), e condutividade elétrica (C) em função da densidade nas diferentes doses de adubação do solo. Campina Grande - PB, 2007.

Nas Tabelas 21 e 22 encontram-se a análise de variância dos dados de fertilidade do solo em função de diferentes densidades e adubação, onde observa-se significância para os elementos Na, K, C (g/kg), M.O (g/kg) e condutividade elétrica (ds/m), em função dos níveis de densidade e doses de adubação, N (g/kg) em função da densidade. Exceto ao nitrogênio, para os demais elementos estudados e a condutividade elétrica não foi possível encontrar equações de regressão ajustada. Para o nitrogênio (N),

obteve-se uma equação de modelo quadrático, cujo maior teor de N, determinado por derivação, ocorreu na densidade 1,76 kg/dm³. De uma maneira geral observou-se crescimento do teor de N nas densidades 1,6 e 1,8 (kg/dm³) com decréscimo para a densidade 2,0 kg/dm³, porém estas densidades apresentaram teores maiores que a densidade inicial (1,6 kg/dm³) (Figura 21). Este comportamento pode ser explicado pela mineralização da torta de mamona que contribui para o aumento do nitrogênio no solo de acordo com relato de Beltrão (2002).

Tabela 21. Resumos das análises de variâncias (quadrados médios) referentes aos dados da análise de fertilidade e física do solo: cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na), e potássio (K) em função de diferentes densidades de solo e adubação. Campina Grande PB, 2007.

F.V	G.L	meq/100 g de solo			
		Ca	Mg	Na	K
Densidade (D)	3	0.191 ^{ns}	0.076 ^{ns}	0.022**	0.0034**
Adubação (A)	3	0.133 ^{ns}	0.293 ^{ns}	0.007**	0.002**
D x A	9	0.217*	0.256 ^{ns}	0.016**	0.00209**
Bloco	2	1.25**	1.284*	0.0072**	0.007**
Resíduo	30	0.072	0.245	0.00035	0.0004
C.V. (%)	-	7,76	23,05	10,00	8,0

** Significativo a 1% de probabilidade, * Significativo a 5% de probabilidade, ns Não significativo

Tabela 22. Resumos das análises de variâncias (quadrados médios) referentes aos dados da análise de fertilidade e física do solo: carbono (C), matéria orgânica (M.O), nitrogênio (N), fósforo (P), pH, e condutividade elétrica (C.E) em função de diferentes densidades de solo e adubação. Campina Grande -PB , 2007. (Continuação).

F.V	G.L	C (g/kg)	M.O (g/kg)	N (g/kg)	P (mg/dm ³)	pH	C. E (ds/m)
Densidade (D)	3	16.493**	40.45**	0.12*	0.0051 ^{ns}	0.031 ^{ns}	0.0013**
Linear	1	-	-	0.117 ^{ns}	-	-	-
cQuadrática	1	-	-	0.227*	-	-	-
Desv. de Regr.	1	-	-	0.015 ^{ns}	-	-	-
Adubação (A)	3	14.92**	28.58**	0.075 ^{ns}	0.0014 ^{ns}	0.053 ^{ns}	0.0027**
D x A	9	2.361**	9.61**	0.032 ^{ns}	0.0062**	0.019 ^{ns}	0.00073**
Bloco	2	0.757 ^{ns}	0.53 ^{ns}	0.003 ^{ns}	0.012**	0.138*	0.00008 ^{ns}
Resíduo	30	0.295	0.878	0.028	0.0018	0.026	0.00011
C.V. (%)	-	5,63	5,31	18,19	4,13	2,12	4,54

** Significativo a 1% de probabilidade, * Significativo a 5% de probabilidade, ^{ns} Não significativo

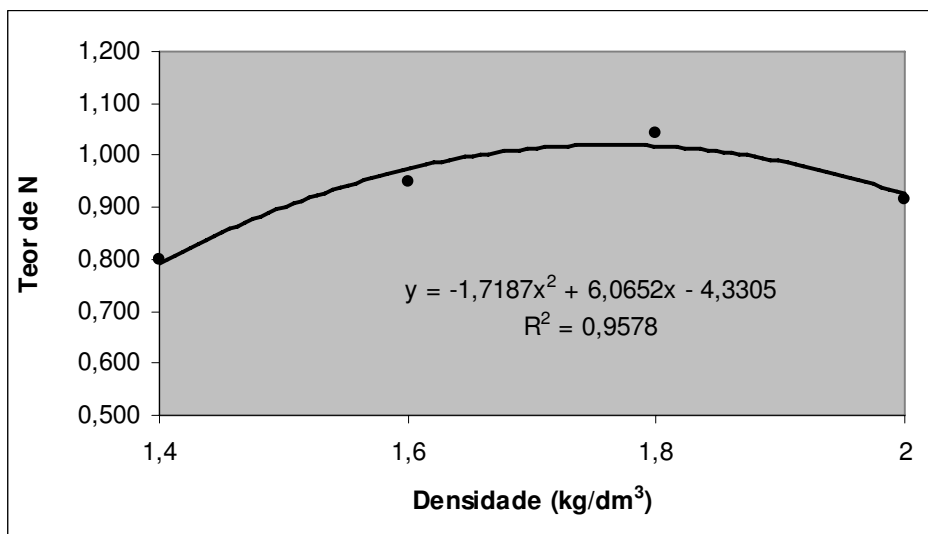


Figura 21. Relação entre as variáveis teor de nitrogênio (N) no solo em função da densidade do solo. Campina Grande - PB, 2007.

B) EXPERIMENTO II

4.6 Crescimento da planta em função de doses do composto de lixo orgânico

O composto de lixo orgânico adicionado ao solo em diferentes dosagens influenciou significativamente o crescimento das plantas da mamoneira, em altura, diâmetro caulinar e área foliar até 75 dias após a semeadura. Na Tabela 23 são apresentadas às equações exponenciais, obtidas por regressão não linear, os quais expressam a altura das plantas, o diâmetro caulinar e a área foliar das plantas de mamoneira entre os 15 e 75 dias após a semeadura. Para as variáveis altura de plantas e diâmetro caulinar todos os modelos apresentaram coeficiente de determinação superior a 0,96 indicando um bom ajuste e bom relacionamento dessas variáveis com o adubo orgânico. Para a variável área foliar o coeficiente de determinação das equações propostas variaram de 0,54 a 0,69, que expressam valores de alienação entre 0,56 a 0,68 indicando um baixo relacionamento entre esta variável e as diferentes dosagens de composto de lixo orgânico.

Na Figura 22, verifica-se que o efeito das diferentes dosagens do composto de lixo orgânico não foram claramente evidenciados para a altura de plantas, diâmetro caulinar e área foliar da mamoneira.

Quanto à altura de plantas, a partir dos 15 dias após a semeadura observou-se crescimento progressivo das plantas, porém sem haver diferenças marcantes entre as diferentes dosagens testadas, permanecendo, assim até aos 45 dias, após este período percebeu-se um discreto crescimento favorável a dosagem L2 (22,4 t/ha), até aos 75 dias. As demais dosagens permaneceram com o mesmo comportamento atingindo o tamanho médio de 73 cm a altura das plantas (Figura 22 A).

Quanto ao diâmetro caulinar, verificou-se para as diferentes dosagens maior crescimento nos primeiros 45 dias após a semeadura, chegando aos 75 dias com um diâmetro médio de 25 mm. Durante este período denotou-se que os tratamentos L2 (22,4 t/ha) e L3 (33,6 t/ha) apresentaram uma discreta redução do diâmetro caulinar das plantas (Figura 22 B).

Referente à área foliar observou crescimento acentuado e de forma similar para as diferentes dosagens de composto de lixo até aos 30 dias após a germinação, a partir daí, até aos 75 dias, o tratamento de maior destaque foi a dosagem L1 (11,2 t/ha) com área foliar em torno de 3500 cm², seguidos dos

tratamentos L4 (44,8 t/ha) e L2 (22,4 t/ha), sendo o tratamento L3 (33,6 t/ha) foi o que proporcionou a menor área foliar (Figura 22 C).

Diante desses resultados e em função do composto de lixo orgânico apresentar baixos teores de N (0,40%); P (2,48%) e K (0,21%), possivelmente seja o motivo dos tratamentos de maior dosagem não se destacarem sobre os de menor, estes resultados corroboram com os obtidos por Alves e Passoni, (1977), que trabalharam com diferentes dosagens de composto de lixo na produção de mudas de oiti (*Licania Tomentosa (Benth)*) e com Silva (2005) que estudou diferentes dosagens de composto de lixo no comportamento agrônomo de duas variedades de mamoneira.

Dos resultados obtidos das análises químicas do processo de compostagem a partir de lixo orgânico urbano (Tabela 9), constatou-se que o K (0,21%) foi o elemento com menor variação, vindo a seguir o K₂O com variação de (0,25). A maior variação (87,66%) foi observada na matéria orgânica. Segundo Pereira Neto (1995), o valor do pH foi considerado bom em se tratando de composto de lixo orgânico.

Com os dados de caracterização, observou-se que o composto orgânico produzido a partir de lixo orgânico urbano, além de possuir características essenciais, principalmente quanto ao teor de matéria orgânica, cerca de 87,66%, que melhora as propriedades físicas do solo, ainda contém níveis de macronutrientes e micronutrientes indispensáveis para uma boa produção agrícola.

De acordo com Pereira Neto (1995) os resíduos sólidos, aqueles produzidos em municípios com menos de 50 mil habitantes, caracterizam-se por apresentar alto teor de matéria orgânica (50% a 70%) e considerável porcentual (8% a 15%) de material reciclável.

Em estudo realizado por Pereira Neto (1995), constatou-se que um composto orgânico estabilizado, produzido por uma unidade de compostagem, com capacidade operacional de até 10 t/dia, equivalente à produção de lixo de uma população de 20 a 25 mil habitantes, apresentou os seguintes valores médios para as características químicas: 23,5% de umidade, 30% de sólidos solúveis, 70% de sólidos fixos, 7,3 de pH, 17% de carbono, 1,3% de N, 1,3% de P e 0,25% de K.

Tabela 23. Modelos matemáticos para análise de crescimento, em função das doses de composto de lixo orgânico. Campina Grande - PB, 2007.

Variável	Modelo	R ²	F
<u>Altura de planta</u>			
Lixo 1 (11,2 t.ha ⁻¹)	$y = -13,6801 + 93,7186 * 1 - e^{(-0,0353 * X)}$	0,96	57,77**
Lixo 2 (22,4 t.ha ⁻¹)	$y = -16,276 + 101 * 1 - e^{(-0,0331 * X)}$	0,96	60,96**
Lixo 3 (33,6 t.ha ⁻¹)	$y = -15,0698 + 96,1007 * 1 - e^{(-0,0314 * X)}$	0,96	69,61**
Lixo 4 (44,8 t.ha ⁻¹)	$y = -15,0641 + 93,6519 * 1 - e^{(-0,0369 * X)}$	0,96	64,29**
<u>Diâmetro caulinar</u>			
Lixo 1 (11,2 t.ha ⁻¹)	$y = -6,7447 + 31,823 * 1 - e^{(-0,0525 * X)}$	0,98	147,93**
Lixo 2 (22,4 t.ha ⁻¹)	$y = -1,7409 + 26,7982 * 1 - e^{(-0,0436 * X)}$	0,97	72,65**
Lixo 3 (33,6 t.ha ⁻¹)	$y = -4,1866 + 27,9643 * 1 - e^{(-0,0503 * X)}$	0,96	58,9**
Lixo 4 (44,8 t.ha ⁻¹)	$y = -4,5979 + 29,6626 * 1 - e^{(-0,0524 * X)}$	0,97	101,71**
<u>Área foliar por planta</u>			
Lixo 1 (11,2 t.ha ⁻¹)	$y = 3508,6/1 + e^{(4,9629 - 0,2249 * X)}$	0,63	22,06**
Lixo 2 (22,4 t.ha ⁻¹)	$y = 3237,1/1 + e^{(5,4007 - 0,2514 * X)}$	0,54	22,93**
Lixo 3 (33,6 t.ha ⁻¹)	$y = 2851,5/1 + e^{(5,3343 - 0,2589 * X)}$	0,69	46,25**
Lixo 4 (44,8 t.ha ⁻¹)	$y = 3223,5/1 + e^{(4,9561 - 0,2311 * X)}$	0,55	24,55**

** Significativo a 1% de probabilidade; * Significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} Não significativo

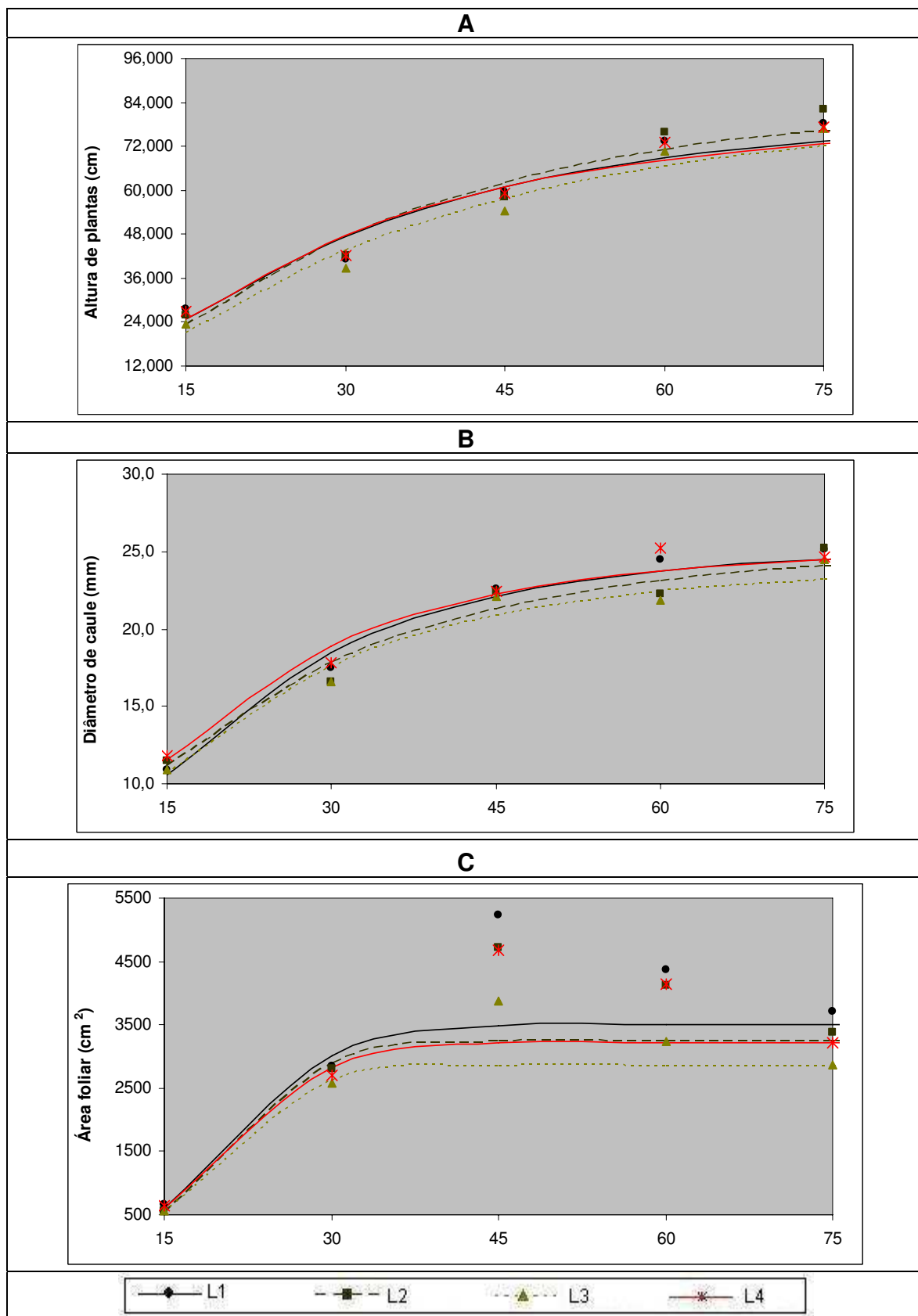


Figura 22. Relação entre as variáveis altura de planta (A), diâmetro caulinar (B), e área foliar por planta (C) em função das doses de lixo orgânico e do tempo. Campina Grande - PB, 2007.

4.7 Crescimento da planta em função de doses de torta de mamona

Na Tabela 24 observa-se as equações exponenciais relativo ao efeito da torta de mamona obtidas por regressão não linear, as quais expressam a altura das plantas, o diâmetro caulinar e a área foliar das plantas de mamoneira entre os 15 e 75 dias após a germinação. Para as variáveis altura de plantas e diâmetro caulinar todos os modelos apresentaram coeficiente de determinação superior a 0,87 indicando um bom ajuste e bom relacionamento dos modelos propostos aos dados experimentais das variáveis com as dosagens de torta de mamona. Para a variável área foliar os coeficientes de determinação das equações propostas variaram entre 0,40 a 0,51, que exprimem valores de alienação entre 0,70 a 0,77, indicando um baixo grau relacionamento entre esta variável e dosagens de adubação com torta de mamona.

Na Figura 23 observa-se o efeito da torta de mamona sobre as plantas de mamoneira, que apresentaram crescimento progressivo em relação à altura e diâmetro caulinar até aos 75 dias após a germinação, porém sem diferenças marcantes entre as doses de mamona estudadas. Entretanto, para a altura de plantas observou-se uma discreta superioridade para o tratamento T1(1t/ha), seguido dos tratamentos T2 (2t/ha), T4 (4t/ha) e T3 (3t/ha) (Figura 23 A). Para o diâmetro caulinar os tratamentos de maiores dosagens foram os que apresentaram maiores valores para esta variável (Figura 23 B).

Para a área foliar observou-se crescimento acentuado até aos 30 dias, após esta data apresentou tendência de estabilização, com destaque para os tratamentos de maior dosagem (Figura C). Os resultados obtidos com a torta de mamona, de maneira geral, influenciaram positivamente o desenvolvimento das plantas da mamoneira, que corroboram com os resultados alcançados por COSTA et al., 2007 e SEVERINO, et al. 2004, que destacam a torta de mamona como um excelente adubo orgânico.

Tabela 24. Modelos matemáticos para análise de crescimento, em função das doses de torta de mamona. Campina Grande - PB, 2007.

Variável	Modelo	R ²	F
<u>Altura de planta</u>			
Torta 1 (0 t ha ⁻¹)	$y = -25,4709 + 118,1 * (1 - e^{(-0,0361 * X)})$	0,95	44,69**
Torta 2 (2 t ha ⁻¹)	$y = -18,1991 + 99,162 * (1 - e^{(-0,0351 * X)})$	0,97	91,47**
Torta 3 (4 t ha ⁻¹)	$y = -14,5395 + 105,2 * (1 - e^{(-0,0298 * X)})$	0,98	111,15**
Torta 4 (6 t ha ⁻¹)	$y = -26,2667 + 105,1 * (1 - e^{(-0,0428 * X)})$	0,92	27,76**
<u>Diâmetro caulinar</u>			
Torta 1 (0 t ha ⁻¹)	$y = -7,4734 + 32,3939 * (1 - e^{(-0,0554 * X)})$	0,98	121,14**
Torta 2 (2 t ha ⁻¹)	$y = -6,3405 + 32,758 * (1 - e^{(-0,0466 * X)})$	0,97	73,85**
Torta 3 (4 t ha ⁻¹)	$y = -5,5524 + 33,2739 * (1 - e^{(-0,0443 * X)})$	0,98	168,32**
Torta 4 (6 t ha ⁻¹)	$y = 7,3407 + 43,3458 * (1 - e^{(-0,00828 * X)})$	0,87	16,58**
<u>Área foliar por planta</u>			
Torta 1 (0 t ha ⁻¹)	$y = 3652,8 / 1 + e^{(5,2165 - 0,2521 * X)}$	0,44	16,10**
Torta 2 (2 t ha ⁻¹)	$y = 3739,2 / 1 + e^{(5,5168 - 0,2527 * X)}$	0,49	18,36**
Torta 3 (4 t ha ⁻¹)	$y = 4058,3 / 1 + e^{(5,6295 - 0,2367 * X)}$	0,51	17,81**
Torta 4 (6 t ha ⁻¹)	$y = 4273,9 / 1 + e^{(6,3246 - 0,257 * X)}$	0,40	11,08*

** Significativo a 1% de probabilidade; * Significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} Não significativo.

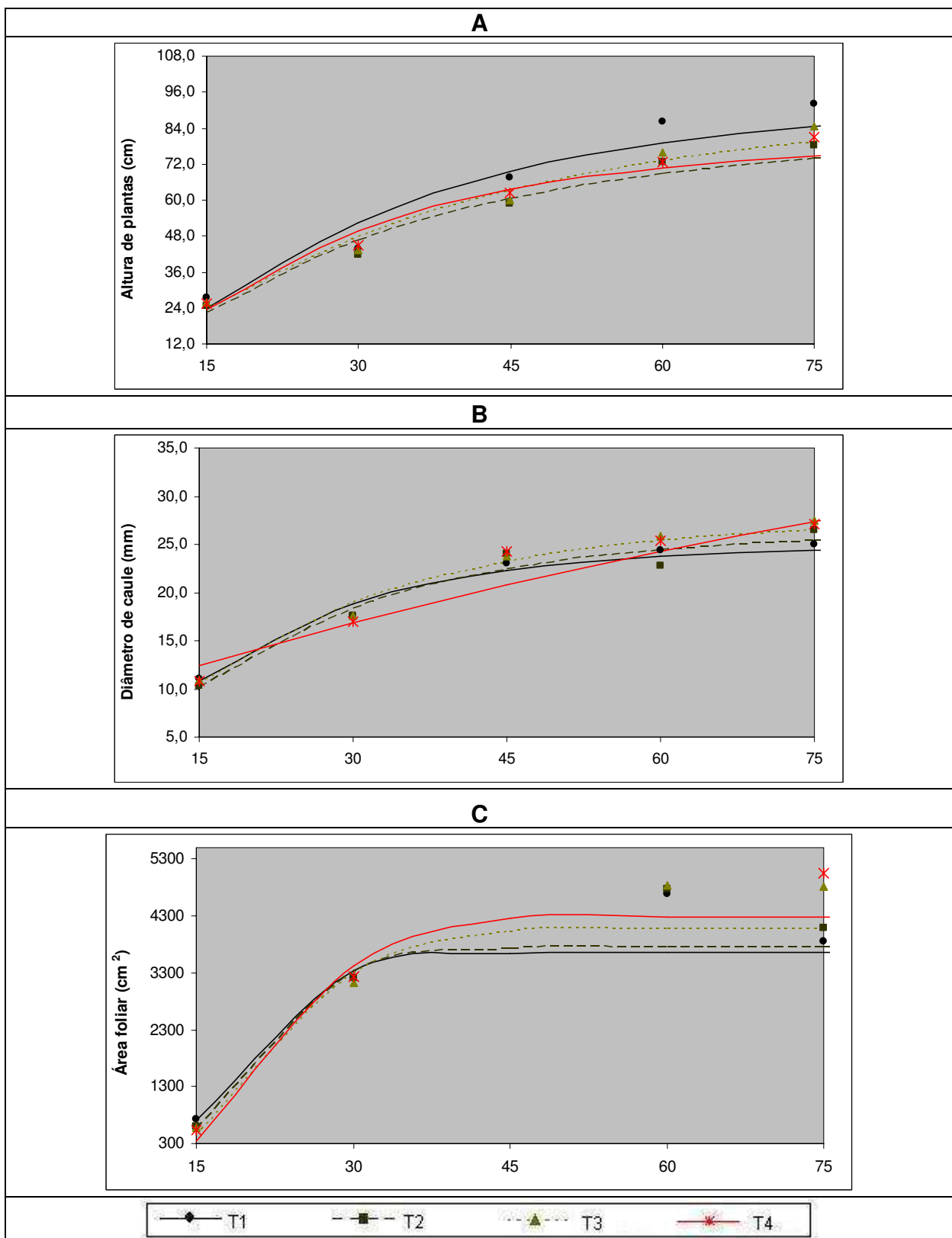


Figura 23. Relação entre as variáveis altura de planta (A), diâmetro caulinar (B), e área foliar por planta (C) em função das doses de torta de mamona e do tempo. Campina Grande - PB, 2007.

4.8 Variáveis relacionadas à fisiologia e a bioquímica da planta em função de doses e adubos no solo

Na tabela 25, apresenta-se os resumos das análises de variâncias do teor clorofila; número de dias para floração do primeiro cacho; relação entre flores femininas e flores masculinas do primeiro cacho e número de ramificações, em função de diferentes adubos orgânicos e doses, na qual observa-se diferenças significativas para a clorofila e número de ramificações entre os tratamentos, contrastes de tratamentos versus testemunhas e contrastes entre testemunhas.

Procedendo ao desdobramento das análises referentes ao teor de clorofila, número de dias para floração do primeiro cacho, relações entre flores femininas e masculinas e ramificações, Tabela 26, verifica-se que o teor de clorofila e o número de dias para floração do primeiro cacho foram significativos, apenas para a torta de mamona através de equações lineares.

Para melhor entendimento e visualização do comportamento da clorofila nas folhas da mamoneira e o número de dias para floração do primeiro cacho, apresenta-se a Figura 24 A e B, constituída de equações de comportamento quadrático na qual verifica-se que a medida que se aumentada a dosagem de 1 t/ha de torta ao solo o teor de clorofila cresce 2,91 ppm, nas folhas da mamoneira e o número de dias para a floração aumenta em 4,17 dias. Estes resultados eram esperados e, pode ser explicado em função da melhoria dos atributos do solo (químicos e físicos) proporcionados pela torta de mamona evidenciados por (BELTRÃO, 2002; SEVERINO et. al., 2004 e SEVERINO et. al., 2007).

Tabela 25. Resumos das análises de variâncias (quadrados médios) do teor clorofila (ppm); número de dias para floração do primeiro cacho (DIAF); relação entre flores femininas e flores masculinas do primeiro cacho (RFM) e número de ramificações (NR) em função de diferentes adubos orgânicos e doses. Campina Grande - PB, 2007.

F.V	G.L	Clorofila (ppm)	DIAF	RFM	NR
Tratamentos	10	107.87**	59.20 ^{ns}	0.024 ^{ns}	6.36**
Contraste Tratam. vs Test.	1	589.50**	97.57 ^{ns}	0.04 ^{ns}	12.96**
Contraste Entre Testemunhas	2	82.81*	7.75 ^{ns}	0.002 ^{ns}	13.00**
Bloco	3	113.93 ^{ns}	291.78**	0.001 ^{ns}	24.26**
Resíduo	30	18.99	41.33	0.03	1.59
C.V. (%)	-	11,24	12,53	30,1	17,77

** Significativo a 1% de probabilidade; * Significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} Não significativo

Tabela 26. Resumos das análises de variâncias (quadrados médios) dos modelos de equações referentes ao teor de clorofila (ppm) nas folhas; número de dias para floração do primeiro cacho (DIAF); relação entre flores femininas e flores masculinas do primeiro cacho (RFM) e número de ramificações (NR) em função de diferentes adubos orgânicos e doses. Campina Grande - PB, 2007.

F.V	G.L.	Clorofila (ppm)	DIAF	RFM	NR
Composto orgânico					
Linear	1	53.46 ^{ns}	42.05 ^{ns}	0.0007 ^{ns}	0.0000001 ^{ns}
Quadrática	1	11.90 ^{ns}	12.25 ^{ns}	0.0001 ^{ns}	9.00 ^{ns}
Desv. de Regr.	1	1.45 ^{ns}	39.20 ^{ns}	0.0195 ^{ns}	1.250 ^{ns}
Torta de mamona					
Linear	1	169.36*	348.61**	0.068 ^{ns}	0.012 ^{ns}
Quadrática	1	4.20 ^{ns}	10.56 ^{ns}	0.021 ^{ns}	0.062 ^{ns}
Desv. de Regr.	1	0.64 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.070 ^{ns}	0.612 ^{ns}

** Significativo a 1% de probabilidade; * Significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} Não significativo.

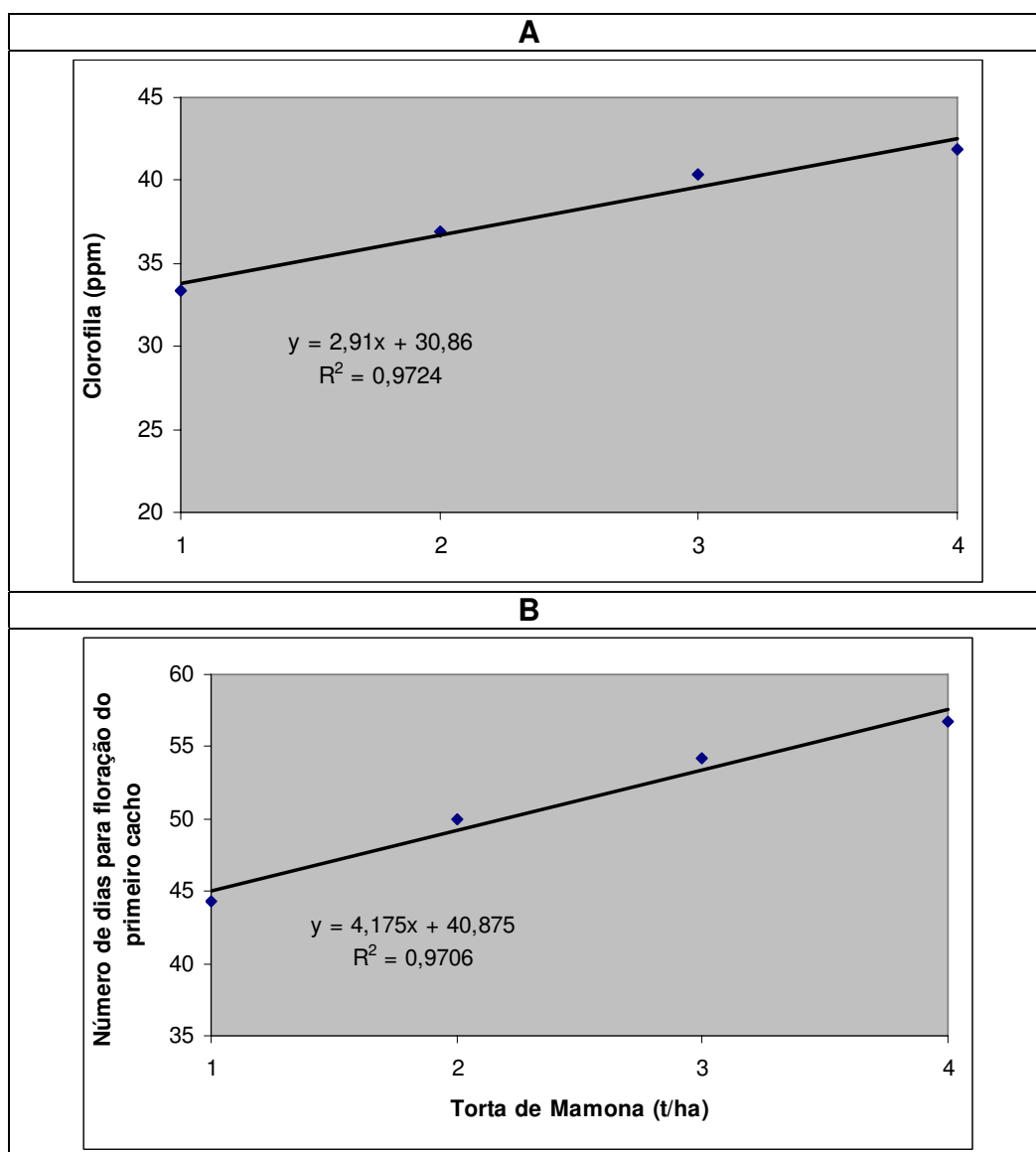


Figura 24. Relação entre as variáveis teor de clorofila (ppm) (A) e número de dias para floração do primeiro cacho (B) em função de diferentes doses de torta de mamona. Campina Grande - PB, 2007.

4.9 Variáveis relacionadas à produção e crescimento de biomassa da planta em função de doses de matéria orgânica

Na tabela 27, apresenta-se os resumos das análises de variâncias do peso matéria seca da parte aérea; peso matéria seca da raiz; número de cachos por planta; comprimento da raiz; relação da fitomassa raiz / fitomassa parte aérea; peso matéria seca do primeiro cacho; relação peso matéria seca das cascas / peso matéria seca do primeiro cacho em função de diferentes adubos orgânicos e doses, na qual observa-se diferenças significativas entre tratamentos, fatorial versus testemunhas e entre testemunhas para o peso matéria seca da parte aérea da planta; peso matéria seca e comprimento da raiz.

A relação da fitomassa da raiz / fitomassa parte aérea apresentou significância para tratamentos e testemunha e o peso matéria seca do primeiro cacho foi significativo para fatorial versus testemunha e entre testemunhas. Realizando o desdobramento dessas análises (Tabela 28), verifica-se que o composto de lixo orgânico exerceu influência significativa apenas para a relação da fitomassa da raiz / fitomassa da parte aérea, cuja equação e gráfico, de natureza quadrática, são apresentados na Figura 25, na qual observa-se redução na relação da fitomassa da dosagem inicial (11,2 t/ha) até a dosagem de 24 t/ha e a seguir verifica-se uma elevação deste valor até aos 44,8 t/ha. O baixo desempenho do composto de lixo sobre o crescimento e desenvolvimento da mamoneira encontra sustentabilidade em trabalhos realizados por Galbiatti et al., (2007), que utilizaram Resíduo Sólido Orgânico Urbano (R.S.O.U.) com diferentes dosagens na produção de mudas de Eucalipto, nos substratos de 20 a 100% os resultados mostraram efeito negativo proporcional às quantidades utilizadas, porém o crescimento foi homogêneo em todos os substratos e Fachini, et al. (2004), utilizando composto de lixo orgânico para produção de mudas cítricas concluíram que as maiores dosagens não proporcionaram bom desenvolvimento das plantas de citrus, não sendo viável a sua utilização em plantios comerciais.

Para a torta de mamona, as variáveis que apresentaram significância em função das diferentes dosagens foram: o peso matéria seca da parte aérea; comprimento da raiz; peso matéria seca do primeiro cacho e relação do peso das cascas / peso matéria seca do primeiro cacho, que são apresentadas na Figura 26 pelas respectivas equações de modelo linear e sua forma gráfica.

Na Figura 26 A e B observa-se que para o incremento de 1 t/ha de torta de mamona ao solo, a parte seca da parte aérea aumenta 11,7 g/planta e o comprimento da raiz aumenta 2,45 cm/planta. Para a relação da fitomassa da raiz / fitomassa da parte aérea, observa-se uma curva de comportamento quadrático, em que o maior valor da relação é obtido com a dosagem de 2,73 t/ha (Figura 26 C). Estes resultados encontram respaldo em trabalhos realizado por Severino et al. (2007), que estudaram influência da torta de mamona sobre o desenvolvimento de plantas de mamoneira, a qual propiciou aumento significativo em todas as características de crescimento, de forma proporcional à dose fornecida.

Já para peso matéria seca do primeiro cacho e a relação peso matéria seca das cascas / peso matéria seca do primeiro cacho (Figura D e E), observa-se que o incremento da torta ao solo em 1 t/ha resulta em uma redução de - 4,24 g do peso matéria seca do cacho e -1,77% a relação de peso das cascas / peso matéria seca do primeiro cacho. Estas reduções, apesar de pequenas, encontram respaldo em estudos realizados por Coelho (2006), com o uso da polpa de mamona associado a água salina no desenvolvimento e produção da mamoneira.

Tabela 27. Resumos das análises de variâncias (quadrados médios) do peso matéria seca da parte aérea (PMSA); peso matéria seca da raiz (PMSR); número de cachos por planta (NCP); comprimento da raiz (CR); relação da fitomassa raiz / fitomassa parte aérea (RRA); peso matéria seca do primeiro cacho (PMSC); relação peso matéria seca das cascas / peso matéria seca do primeiro cacho (RCC) em função de diferentes adubos orgânicos e doses. Campina Grande - PB, 2007.

F.V	G.L.	PMSA (g)	PMSR (g)	NCP	NCP tran. ¹	CR (cm)	RRA	PMSC (g)	RCC
Tratamentos	10	1925.89**	151.17**	1.022 ^{ns}	0.081	121.35**	0.0008**	263.97 ^{ns}	91.61*
Fatorial vs Test.	1	6495.02**	532.95**	0.341 ^{ns}	0.023 ^{ns}	107.93*	0.0003 ^{ns}	770.09*	376.88**
Entre Testemunhas	2	1851.51**	203.53**	0.333 ^{ns}	0.021 ^{ns}	96.31**	0.0011**	698.10*	182.07*
Bloco	3	1097.07**	92.07*	0.636 ^{ns}	0.052 ^{ns}	217.63**	0.0005**	171.33 ^{ns}	73.52 ^{ns}
Resíduo	30	173.43	29.36	0.786	0.066	14.64	0.0001	151.55	35.13
C.V. (%)	-	10,52	17,04	50,02	15,69	9,68	3,99	25,24	26,75

** Significativo a 1% de probabilidade; * Significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} Não significativo; ¹ dados transformados

Tabela 28. Resumos das análises de variâncias (quadrados médios) dos modelos de equações para o peso matéria seca da parte aérea (PMSA); peso matéria seca da raiz (PMSR); número de cachos por planta (NCP); comprimento da raiz (CR); relação da fitomassa raiz / fitomassa parte aérea (RRA); peso matéria seca do primeiro cacho (PMSC); relação peso matéria seca das cascas / peso matéria seca do primeiro cacho (RCC) em função de diferentes adubos orgânicos e doses. Campina Grande - PB, 2007.

F.V	G.L.	PMSA (g)	PMSR (g)	NCP	NCP tran. ¹	CR (cm)	RRA	PMSC (g)	RCC
<u>Composto orgânico</u>									
Linear	1	164.10 ^{ns}	0.45 ^{ns}	0.00001 ^{ns}	0.0002 ^{ns}	18.13 ^{ns}	0.0005*	5.40 ^{ns}	2.27 ^{ns}
Quadrática	1	118.70 ^{ns}	31.92 ^{ns}	0.25 ^{ns}	0.021 ^{ns}	31.075 ^{ns}	0.0005*	57.76 ^{ns}	18.70 ^{ns}
Desv. de Regr.	1	518.87 ^{ns}	3.20 ^{ns}	0.00001 ^{ns}	0.00003 ^{ns}	157.65**	0.0013**	1.68 ^{ns}	33.15 ^{ns}
<u>Torta de mamona</u>									
Linear	1	2745.99**	223.78 ^{ns}	1.51 ^{ns}	0.112 ^{ns}	120.27*	0.0002 ^{ns}	359.54*	62.75*
Quadrática	1	71.82 ^{ns}	6.50 ^{ns}	3.06 ^{ns}	0.248 ^{ns}	0.14 ^{ns}	0.002**	8.12 ^{ns}	11.46 ^{ns}
Desv. de Regr.	1	0.05 ^{ns}	6.96 ^{ns}	0.61 ^{ns}	0.044 ^{ns}	565.5**	0.0007*	20.80 ^{ns}	2.65 ^{ns}

**Significativo a 1% de probabilidade; *Significativo a 5% de probabilidade; ^{ns}Não significativo; ¹dados transformados

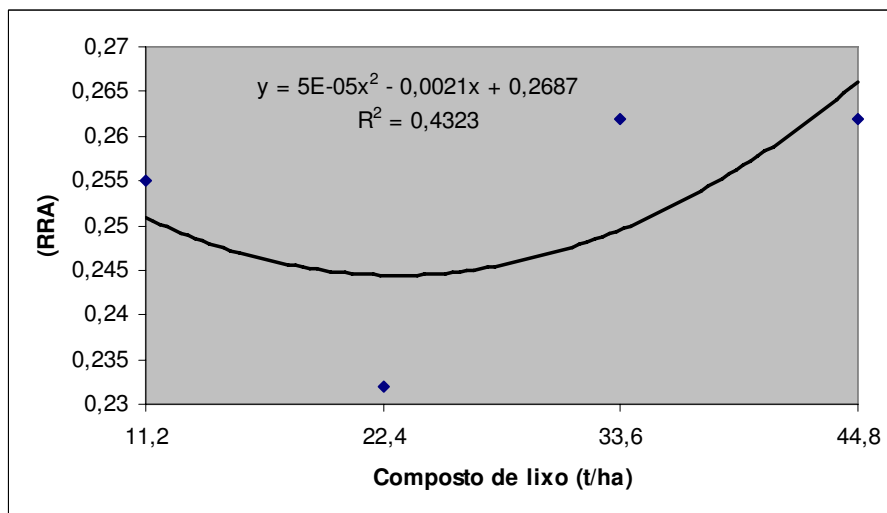


Figura 25. Relação entre a variável relação da fitomassa / raiz; fitomassa / parte aérea (RRA) em função de doses de composto de lixo orgânico. Campina Grande- PB, 2007.

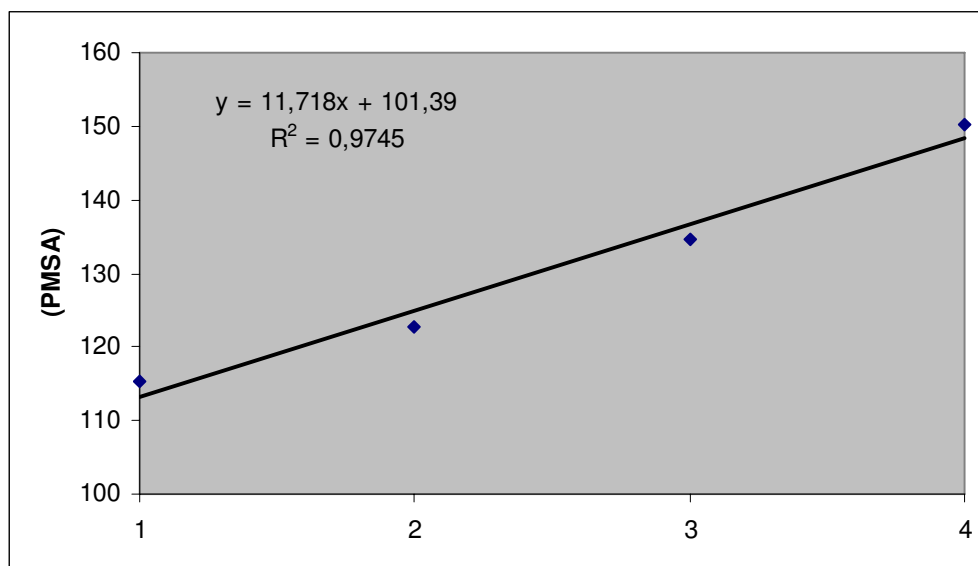


Figura 26 A. Relação entre a variável peso matéria seca da parte aérea (PMSA) em função de diferentes doses de torta de mamona. Campina Grande – PB. 2007.

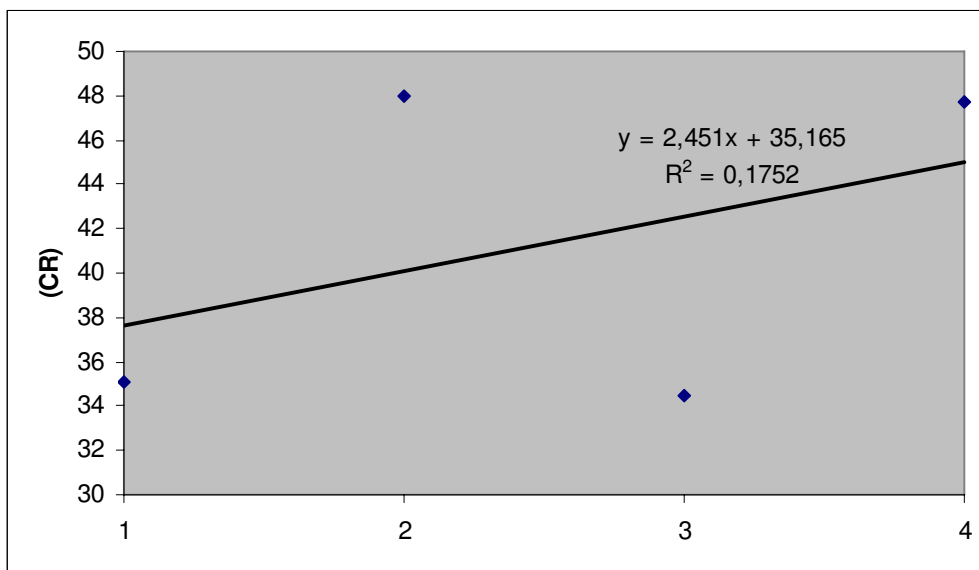


Figura 26 B. Relação entre a variável comprimento da raiz (CR) em função de diferentes doses de torta de mamona. Campina Grande – PB. 2007.

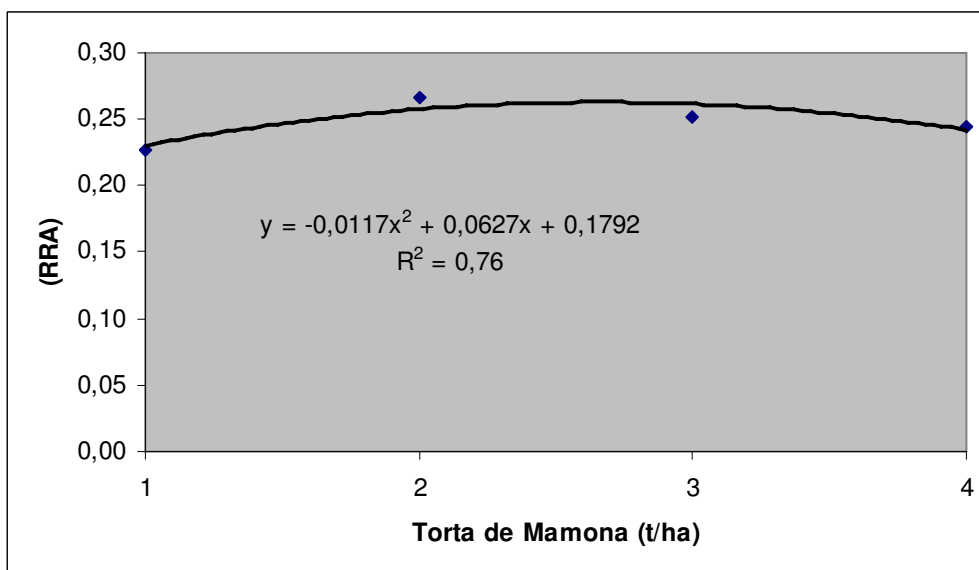


Figura 26 C. Relação entre a variável relação da fitomassa / raiz; fitomassa / parte aérea (RRA) em função de diferentes doses de torta de mamona. Campina Grande – PB. 2007.

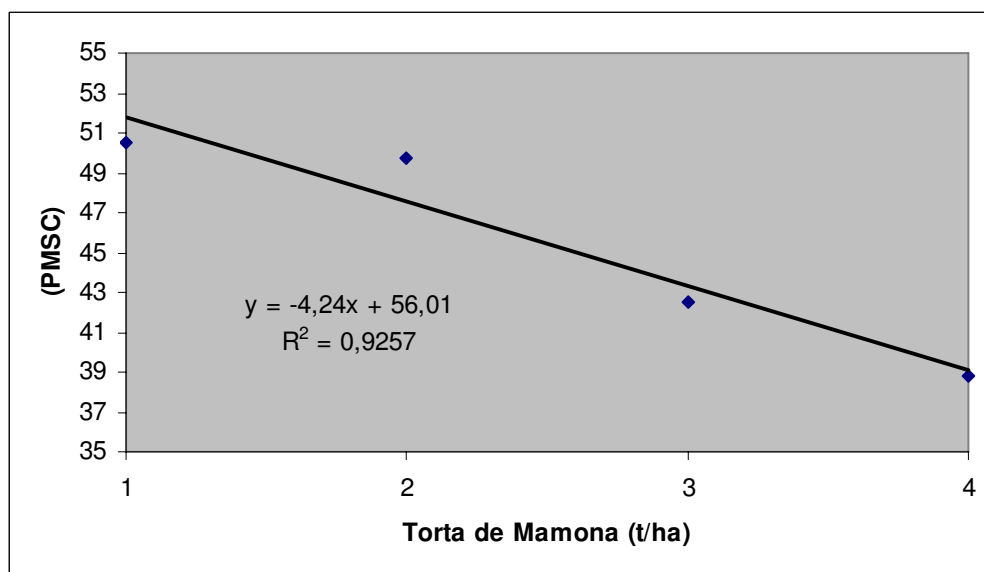


Figura 26 D. Relação entre a variável peso matéria seca do primeiro cacho (PMSC) em função de diferentes doses de torta de mamona. Campina Grande – PB. 2007.

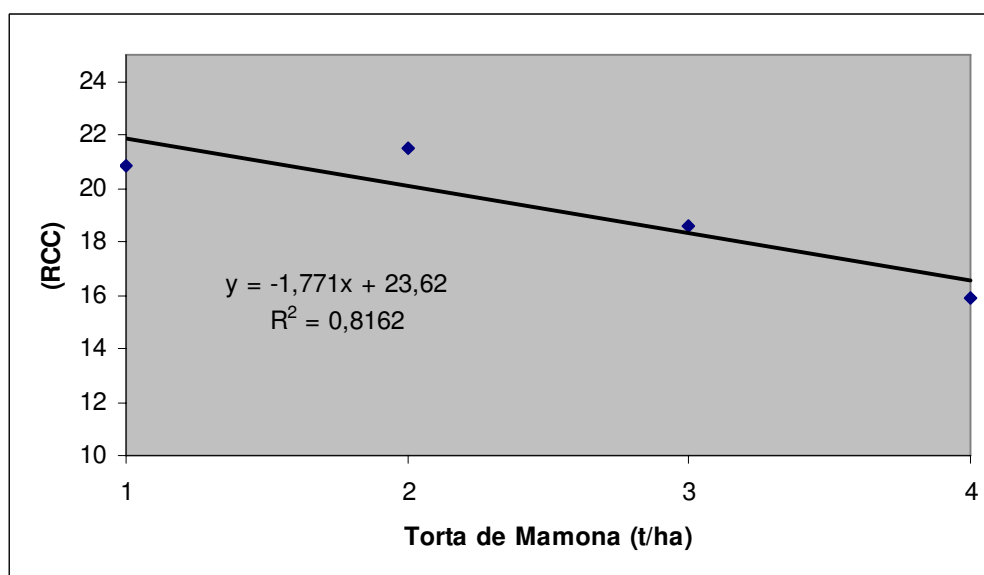


Figura 26 E. Relação entre a variável relação peso matéria seca das cascas / peso matéria seca do primeiro cacho (RCC) em função de diferentes doses de torta de mamona. Campina Grande – PB. 2007.

Na Tabela 29, apresenta-se os resumos das análises de variâncias do peso matéria seca das sementes do 1º cacho; peso de 100 sementes; relação casca/semente do 1º cacho; relação do 1º cacho com a parte vegetativa, em função de diferentes adubos orgânicos e doses, na qual observa-se diferenças significativas para o peso matéria seca das sementes do 1º cacho; peso de 100 sementes; relação casca/semente do 1º cacho, para tratamentos e peso matéria seca das sementes do 1º cacho e peso de 100 sementes para fatorial versus testemunhas e, peso matéria seca das sementes do 1º cacho; peso de 100 sementes; relação casca/semente do 1º cacho, entre as testemunhas.

Realizando o desdobramento dessas análises (Tabela 30), verifica-se que o composto de lixo orgânico exerceu influencia significativa somente para a relação casca/semente do 1º cacho representada por uma equação quadrático cujo comportamento da curva é ilustrado na Figura 27, em que o maior valor desta relação foi atingido na dosagem de 31,2 t/ha. Resultados semelhantes foram alcançados por Alves et al., 1997, que estudando o composto de lixo orgânico para produção de mudas de oiti (*Licania Tomentosa (benth)*) nas proporções de 33%, 66% e 100% não detectaram diferenças significativas para altura de plantas e diâmetro caulinar.

A torta de mamona exerceu influencia significativa para o peso matéria seca das sementes do 1º cacho; peso de 100 sementes e relação do 1º cacho com a parte vegetativa, as quais são ilustradas na Figura 28, onde observa-se que o peso matéria seca das sementes do 1º cacho e a relação do 1º cacho com a parte vegetativa (Figuras 28 A e C) apresentam equações de comportamento linear cujos valores são reduzidos a medida em que se incrementa a torta de mamona no solo, para a adição de 1 t/ha, observa-se uma redução de 4,41g para o peso de sementes do 1º cacho e 0,050g na relação do 1º cacho com a parte vegetativa. Quanto ao peso de 100 sementes, Figura 28 B, observa-se redução dos valores à medida que se adiciona torta de mamona ao solo, o valor mínimo determinado através da derivação da equação de comportamento quadrático foi para a dosagem 3.03 t/ha.

Estes resultados, em parte discordam com os alcançados por Severino et al. (2007), que à medida que se adiciona a torta de mamona ao solo verifica-se acréscimo em todas as características de crescimento e produção de mamona.

Tabela 29. Resumos das análises de variâncias (quadrados médios) do peso matéria seca de sementes do 1º cacho (PSSC); peso de 100 sementes (PSS); relação casca/semente do 1º cacho (RCS); relação do 1º cacho com a parte vegetativa (RCV) em função de diferentes adubos orgânicos e doses. Campina Grande - PB, 2007.

F.V	G.L.	PSSC (g)	PSS (g)	RCS	RCV
Tratamentos	10	248.43**	114.68**	0.038**	0.011 ^{ns}
Fatorial vs Test.	1	930.43**	526.89**	0.025 ^{ns}	0.0015 ^{ns}
Entre Testemunhas	2	527.49**	164.12**	0.072**	0.0029 ^{ns}
Bloco	3	43.53 ^{ns}	6.92 ^{ns}	0.017 ^{ns}	0.014 ^{ns}
Resíduo	30	56.95	7.92	0.008	0.007
C.V. (%)	-	24,80	15,75	11,42	25,64

** Significativo a 1% de probabilidade; * Significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} Não significativo

Tabela 30. Resumos das análises de variâncias (quadrados médios) dos modelos de equações para o peso matéria seca de sementes do 1º cacho (PSSC); peso de 100 sementes (PSS); relação casca/semente do 1º cacho (RCS); relação do 1º cacho com a parte vegetativa (RCV) em função de diferentes adubos orgânicos e doses. Campina Grande - PB, 2007.

F.V	G.L.	PSSC (g)	PSS (g)	RCS	RCV
Composto orgânico					
Linear	1	6.21 ^{ns}	0.024 ^{ns}	0.021 ^{ns}	0.0007 ^{ns}
Quadrática	1	39.37 ^{ns}	0.48 ^{ns}	0.131**	0.0003 ^{ns}
Desv. de Regr.	1	4.09 ^{ns}	19.23 ^{ns}	0.046*	0.006 ^{ns}
Torta de mamona					
Linear	1	388.96*	118.94**	0.0004 ^{ns}	0.0499**
Quadrática	1	2.89 ^{ns}	83.54**	0.001 ^{ns}	0.00002 ^{ns}
Desv. de Regr.	1	43.21 ^{ns}	7.86 ^{ns}	0.007 ^{ns}	0.0007 ^{ns}

** Significativo a 1% de probabilidade; * Significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} Não significativo

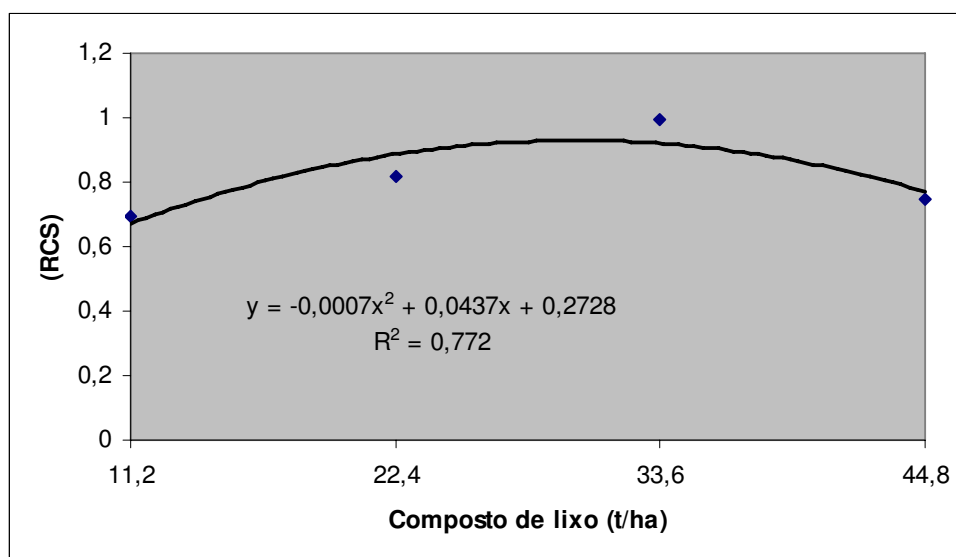


Figura 27. Relação entre as variáveis relação casca/semente do 1º cacho (RCS); em função de doses de composto de lixo orgânico. Campina Grande - PB, 2007.

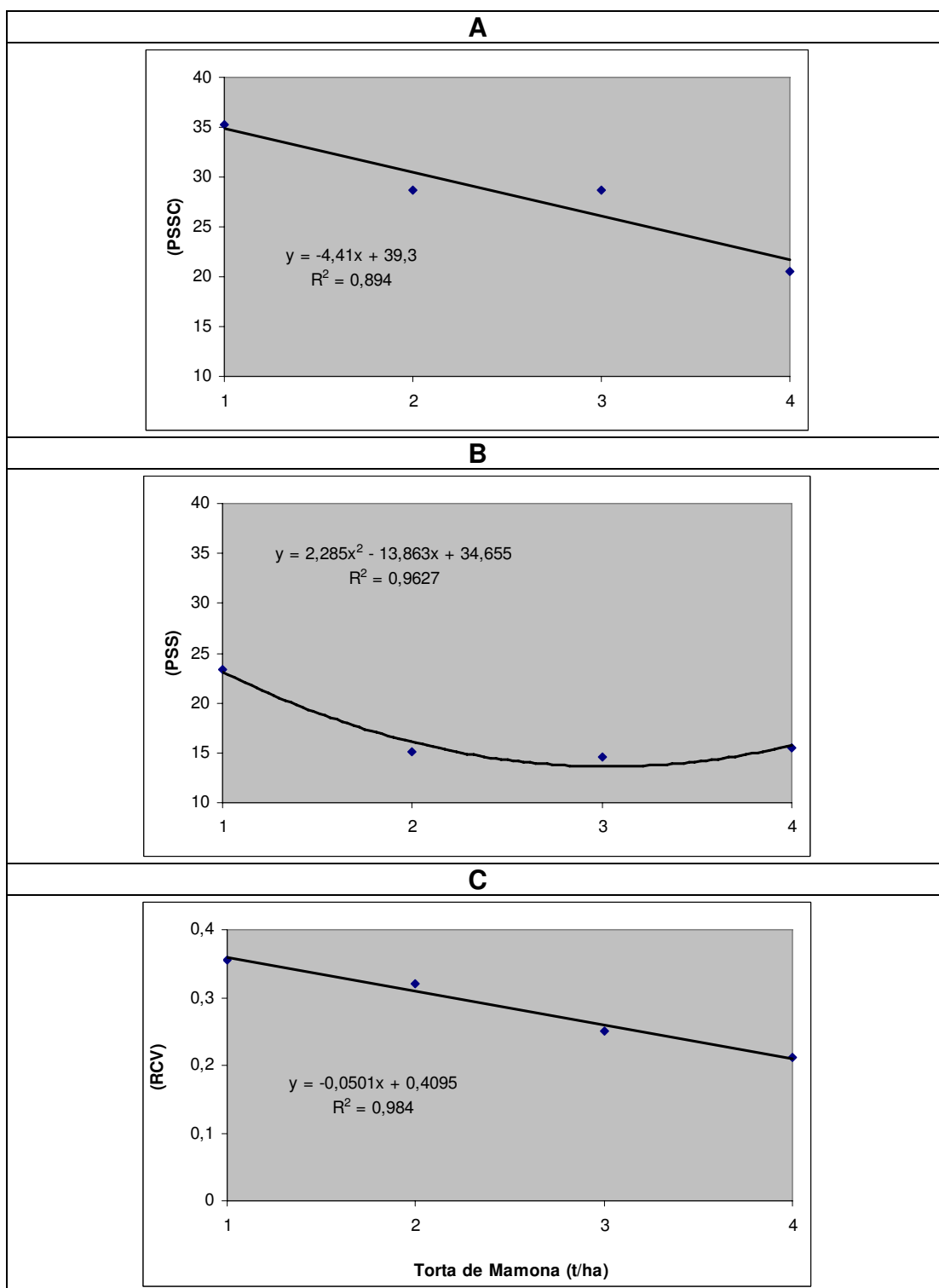


Figura 28. Relação entre as variáveis -**A**- o peso matéria seca de sementes do 1º cacho (PSSC); -**B**- peso de 100 sementes (PSS) e -**C**- relação do 1º cacho com a parte vegetativa (RCV) em função de diferentes doses de torta de mamona. Campina Grande - PB, 2007.

4.10 Constituintes minerais da folha em função de doses de matéria orgânica.

Na Tabela 31, apresenta-se os resumos das análises de variâncias referentes aos dados da análise foliar: nitrogênio (N); proteína bruta (PB); fósforo (P); óxido de fósforo (P_2O_5); potássio (K); óxido de potássio (K_2O); cálcio (Ca); óxido de cálcio (CaO); magnésio (Mg); óxido de magnésio (MgO) e enxofre (S) (g/kg) em função de diferentes adubos orgânicos e doses, na qual observa-se que os tratamentos exerceram diferenças significativas com os seguintes elementos: fósforo (P) óxido de fósforo (P_2O_5), cálcio (Ca) e óxido de cálcio (CaO). Os contrastes dos tratamentos versus testemunhas exerceram influencia significativa sobre fósforo (P) óxido de fósforo (P_2O_5), cálcio (Ca) e óxido de cálcio (CaO) e os contrastes entre testemunhas exerceram influencia significativa sobre o fósforo (P) óxido de fósforo (P_2O_5), potássio (K), óxido de potássio (K_2O), cálcio (Ca), óxido de cálcio (CaO).

Procedendo ao desdobramento dessas análises (Tabela 32), verifica-se que o composto orgânico não exerceu nenhuma influência significativa sobre os elementos constituintes da folha da mamoneira. Estes resultados corroboram com estudo realizado por Mello e Vitti, (2002), no desenvolvimento do tomateiro em função do uso de composto de lixo, em diferentes dosagens, cujos teores foliares de macronutrientes e micronutrientes permaneceram inalterados.

Já a torta de mamona exerceu influencia significativa sobre o fósforo (P), óxido de fósforo (P_2O_5), o potássio (K) e óxido de potássio (K_2O), os quais são demonstrados na Figura 29. Para o fósforo (P) e óxido de fósforo (P_2O_5) (Figura 29 A e B) as equações foram de modelo quadrático, de comportamento decrescente atingindo o valor mínimo, para o primeiro elemento na dosagem de 2,56 t/ha e 2,53 t/ha para o segundo e, a seguir, verificando-se crescimento até 4 t/ha. Para o potássio (P) e óxido de potássio (P_2O_5) as equações foram de modelos lineares, com crescimento positivo a medida em que se aumentava a dosagem da torta. Este incremento positivo foi de 0,15g e 0,18g, respectivamente, de potássio e de óxido de potássio para cada quilo de torta adicionada ao solo. Com base nestes resultados e com os obtidos por Severino et al., 2007, a adição da torta de mamona ao solo potencializa a disponibilidade de elementos nutritivos as plantas, porém como relata Coelho, 2006, a decomposição da torta ou da polpa, pela ação dos microorganismos, influencia as variáveis de crescimento e desenvolvimento das plantas até os 80 dias, após a fase de bioestabilização no processo de decomposição ocorre grande redução na liberação do amônia. Terminada esta fase, as propriedades físicas e químicas do solo são acentuadamente melhoradas.

Tabela 31. Resumos das análises de variâncias (quadrados médios) referentes aos dados da análise foliar: nitrogênio (N); proteína bruta (PB); fósforo (P); óxido de fósforo (P₂O₅); potássio (K); óxido de potássio (K₂O); cálcio (Ca); óxido de cálcio (CaO); magnésio (Mg); óxido de magnésio (MgO) e enxofre (S) (g/kg) em função de diferentes fontes de doses de matéria orgânica. Campina Grande, - PB, 2007.

F.V	G.L											
	.	N	PB	P	P ₂ O ₅	K	K ₂ O	Ca	CaO	Mg	MgO	S
Tratamentos	10	11.30 ^{ns}	439.42 ^{ns}	1.27**	6.73**	0.37 ^{ns}	0.53 ^{ns}	12.13**	23.99**	1.40 ^{ns}	4.22 ^{ns}	1.38 ^{ns}
Contraste Tratam. vs Test.	1	22.42 ^{ns}	862.57 ^{ns}	3.73**	19.36**	0.59 ^{ns}	0.85 ^{ns}	46.16**	91.18**	0.15 ^{ns}	0.39 ^{ns}	4.93 ^{ns}
Contraste Entre Testemunhas	2	0.39 ^{ns}	16.06 ^{ns}	1.70**	9.01**	1.08*	1.56*	24.28**	48.13**	1,47 ^{ns}	4.57 ^{ns}	0.86 ^{ns}
Bloco	3	169.55**	6651.00**	1.54**	8.26**	0.75*	1.09*	1.44	2.79 ^{ns}	2.19 ^{ns}	6.66 ^{ns}	3.96 ^{ns}
Resíduo	30	11.55	452.82	0.182	1.00	0.19	0.27	3.01	5.93	0.95	2.90	2.41
C.V. (%)	-	34,98	35,04	9,27	9,47	7,57	7,57	13,22	13,22	8,22	8,25	29,79

** Significativo a 1% de probabilidade; * Significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} Não significativo

Tabela 32. Resumos das análises de variâncias (quadrados médios) dos modelos de equações referentes aos dados da análise foliar: nitrogênio (N); proteína bruta (PB); fósforo (P); óxido de fósforo (P₂O₅); potássio (K); óxido de potássio (K₂O); cálcio (Ca); óxido de cálcio (CaO); magnésio (Mg); óxido de magnésio (MgO) e enxofre (S) (g/kg) em função de diferentes fontes de doses de matéria orgânica. Campina Grande - PB, 2007.

F.V	G.L	N	PB	P	P ₂ O ₅	K	K ₂ O	Ca	CaO	Mg	MgO	S
<u>Composto orgânico</u>												
Linear	1	0.48 ^{ns}	21.63 ^{ns}	0.465 ^{ns}	2.01 ^{ns}	0.112 ^{ns}	0.162 ^{ns}	0.032 ^{ns}	0.091 ^{ns}	1.71 ^{ns}	5.20 ^{ns}	0.190 ^{ns}
Quadrática	1	4.20 ^{ns}	161.29 ^{ns}	0.950 ^{ns}	5.17 ^{ns}	0.062 ^{ns}	0.090 ^{ns}	5.76 ^{ns}	11.39 ^{ns}	2.32 ^{ns}	7.02 ^{ns}	0.015 ^{ns}
Desv. de Regr.	1	0.004 ^{ns}	0.42 ^{ns}	0.006 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.012 ^{ns}	0.018 ^{ns}	4.60 ^{ns}	9.04 ^{ns}	0.21 ^{ns}	0.64 ^{ns}	4.656 ^{ns}
<u>Torta de mamona</u>												
Linear	1	14.19 ^{ns}	550.20 ^{ns}	0.028 ^{ns}	0.045 ^{ns}	0.45*	0.648*	6.27 ^{ns}	12.16 ^{ns}	0.16 ^{ns}	0.49 ^{ns}	0.078 ^{ns}
Quadrática	1	1.50 ^{ns}	58.52 ^{ns}	1.26**	6.63**	0.25 ^{ns}	0.360 ^{ns}	1.96 ^{ns}	4.00 ^{ns}	2.10 ^{ns}	6.37 ^{ns}	0.140 ^{ns}
Desv. de Regr.	1	1.27 ^{ns}	50.24 ^{ns}	0.378 ^{ns}	2.01 ^{ns}	0.05 ^{ns}	0.072 ^{ns}	0.008 ^{ns}	0.024 ^{ns}	2.04 ^{ns}	5.99 ^{ns}	0.528 ^{ns}

** Significativo a 1% de probabilidade; * Significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} Não significativo

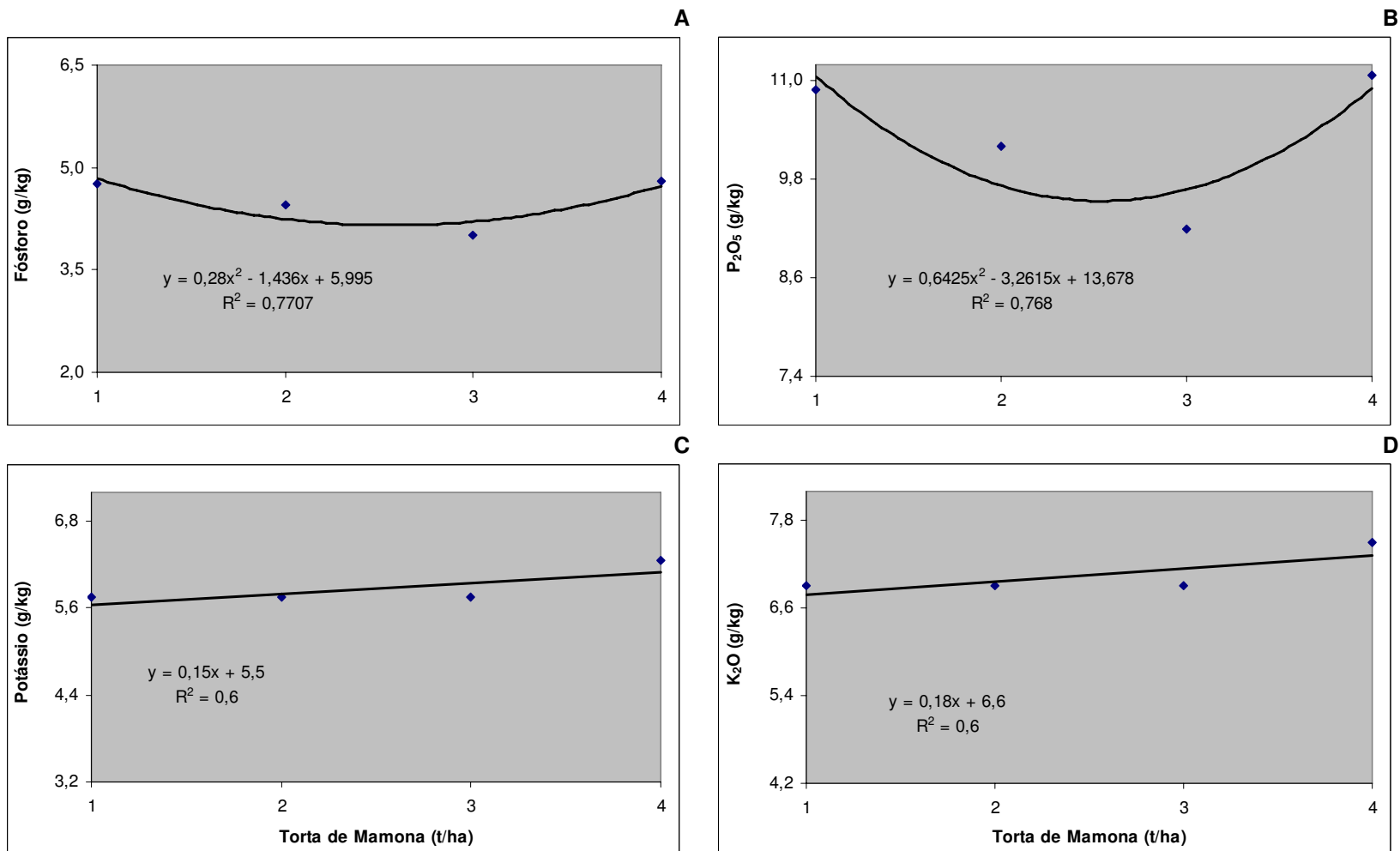


Figura 29. Relação entre as variáveis teores fósforo (P) (A); óxido de fósforo (P_2O_5) (B); potássio (K) (C); óxido de potássio (K_2O) (D) em função de diferentes doses de torta de mamona. Campina Grande - PB, 2007.

4.11 Disponibilidade de nutrientes vegetais no solo em função de doses de matéria orgânica

Nas Tabelas 33 e 35 (continuação), apresenta-se o resumos das análises de variâncias referentes aos dados da análise de elementos minerais da matéria orgânica do solo, em função de diferentes fontes de doses de fertilizantes, na qual observa-se que os tratamentos exerceram influência significativas sobre o magnésio (Mg), o potássio (K), o carbono (C), a matéria orgânica (MO) e o fósforo (P). Já os tratamentos versus testemunhas exerceram influência significativa sobre o magnésio (Mg), o potássio (K), o carbono (C), a matéria orgânica (MO), o nitrogênio (N) e o fósforo (P).

Procedendo ao desdobramento dessas análises (Tabela 34), verifica-se que o composto de lixo orgânico exerceu influência significativa somente para o magnésio (Mg). A Figura 30 descreve o comportamento da equação de natureza quadrática, em que apresenta uma curva descendente, cujo valor mínimo do magnésio é quando a dosagem do composto de lixo orgânico é 30,4 t/ha e a partir deste ponto torna-se uma curva ascendente até o valor de 44,8 t/ha.

Em estudos semelhantes, Mantovani et. al., (2005) utilizando doses de composto de lixo urbano (0; 60; 90;120 t/ha) constatou melhoria dos atributos do solo relativos ao pH e dos teores de MO, P, K, Ca e Mg, na camada de 0 a 20 cm. Enquanto a torta de mamona, como era de se esperar, exerceu influencia significativa sobre o carbono (C), a matéria orgânica (MO) e o nitrogênio (N). A Figura 31 mostra o comportamento dos gráficos e das equações de cada elemento. Para o carbono (C), matéria orgânica (MO) e o nitrogênio (N) Figura 31 A, B e C, representada para ambos por equações de natureza linear descendente, a qual expressa que a medida que se adiciona 1t/ha de torta ao solo ocorre uma redução -1,004 (g/kg) para o carbono, -1,74 (g/kg) para a matéria orgânica e - 0,096 (g/Kg) para o nitrogênio. Este resultado contraria as conclusões de Severino et al., (2007), porém este comportamento, possivelmente, seja em função da ação dos microorganismos sobre a torta, cujos efeitos se manifestam após a bioestabilização do processo de decomposição como comenta (COELHO, 2006).

Analisando o comportamento das variáveis relacionadas ao crescimento, ao desenvolvimento, a produção da mamoneira e a fisiologia e bioquímica da planta e variáveis químicas do solo, em função da adubação orgânica com diferentes doses de torta de mamona e composto de lixo orgânico, observa-se que o lixo praticamente não influenciou no comportamento da planta e do solo, porém a torta proporcionou crescimento, desenvolvimento e produção de forma positiva às plantas de mamoneira, contribuiu para incrementar os teores de macronutrientes da folha e carbono, matéria orgânica e magnésio no solo, demonstrando que este co-produto é um importante fertilizante orgânico, auxiliando no desenvolvimento, na produção da planta e na melhoria do solo, podendo ser recomendado para fazer parte de um sistema de agricultura sustentável, que envolve delineamento e manejo que funcionem junto com processos naturais para conservar todos os recursos naturais, promovendo a recuperação e a autoregulação dos agrossistemas e minimizando o desperdício e o impacto ambiental, ao mesmo tempo melhorando a lucratividade dos produtos agrícolas. Portanto a torta de mamona se enquadra dentro das recomendações dos grupos de proteção do ambiente do mundo inteiro, mencionado por Fageria et al., (1999), os quais afirmam que há excessivo uso de fertilizantes e de outros produtos químicos agrícolas, sendo necessário reduzir ou eliminar a utilização destes produtos para preservar o meio ambiente.

Tabela 33. Resumos das análises de variâncias (quadrados médios) dos modelos de equações referentes aos dados da análise de fertilidade do solo: cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na), e potássio (P) em função de diferentes fontes de doses de matéria orgânica. Campina Grande- PB, 2007.

F.V	G.L	meq/100 g de solo			
		Ca	Mg	Na	K
Tratamentos	10	0.057 ^{ns}	0.373**	0.082 ^{ns}	0.002*
Tratam. vs Test.	1	0.0005 ^{ns}	1.637**	0.039 ^{ns}	0.005*
Entre Testemunhas	2	0.080 ^{ns}	0.008 ^{ns}	0.058 ^{ns}	0.0002 ^{ns}
Bloco	3	0.189 ^{ns}	0.337 ^{ns}	0.372*	0.0027*
Resíduo	30	0.067	0.085	0.113	0.0007
C.V. (%)	-	10,29	15,00	47,91	22,63

** Significativo a 1% de probabilidade; * Significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} Não significativo

Tabela 34. Resumos das análises de variâncias (quadrados médios) dos modelos de equações referentes aos dados da análise de fertilidade do solo: cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na), e potássio (P) em função de diferentes fontes de doses de matéria orgânica. Campina Grande - PB, 2007.

F.V	G.L.	meq/100 g de solo			
		Ca	Mg	Na	K
Composto orgânico					
Linear	1	0.102 ^{ns}	0.285 ^{ns}	0.227 ^{ns}	0.0002 ^{ns}
Quadrática	1	0.0484 ^{ns}	0.688*	0.091 ^{ns}	0.001 ^{ns}
Desv. de Regr.	1	0.020 ^{ns}	0.007 ^{ns}	0.077 ^{ns}	0.0004 ^{ns}
Torta de mamona					
Linear	1	0.00001 ^{ns}	0.000005 ^{ns}	0.0037 ^{ns}	0.0003 ^{ns}
Quadrática	1	0.058 ^{ns}	0.0009 ^{ns}	0.012 ^{ns}	0.0001 ^{ns}
Desv. de Regr.	1	0.104 ^{ns}	0.022 ^{ns}	0.005 ^{ns}	0.0004 ^{ns}

** Significativo a 1% de probabilidade; * Significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} Não significativo

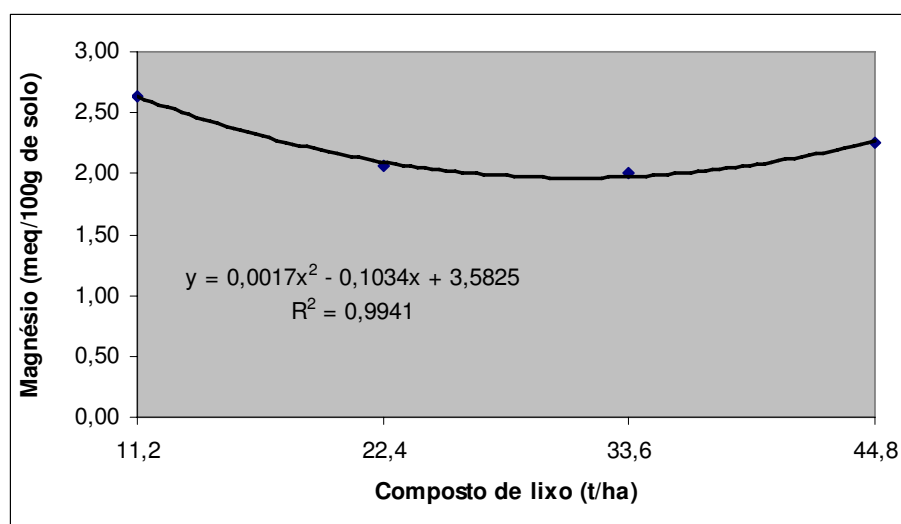


Figura 30. Relação entre as variáveis teor de magnésio do solo em função de doses de composto de lixo orgânico. Campina Grande - PB, 2007.

Tabela 35. Resumos das análises de variâncias (quadrados médios) dos modelos de equações referentes aos dados da análise de fertilidade e física do solo: carbono (C), matéria orgânica (M.O), nitrogênio (N), fósforo (P), pH, e condutividade elétrica (C.E) em função de diferentes fontes de doses de matéria orgânica. Campina Grande - PB, 2007. (Continuação).

F.V	G.L	C (g/kg)	M.O (g/kg)	N (g/kg)	P (mg/dm ³)	pH	C. E(ds/m)
Tratamentos	10	6.54*	19.74*	0.067	0.29**	0.112 ^{ns}	0.0107 ^{ns}
Contraste Fatorial vs Test.	1	19.39*	59.06**	0.215**	0.291**	0.327 ^{ns}	0.0013 ^{ns}
Contraste Entre estemunhas	2	0.59 ^{ns}	1.75 ^{ns}	0.011 ^{ns}	0.0358 ^{ns}	0.123 ^{ns}	0.0202 ^{ns}
Bloco	3	9.66*	28.79*	0.111*	0.097**	0.427**	0.062**
Resíduo	30	2.63	7.75	0.028	0.0159	0.084	0.0129
C.V. (%)	-	12,30	12,25	12,91	16,40	4,11	26,81

** Significativo a 1% de probabilidade; * Significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} Não significativo

Tabela 36. Resumos das análises de variâncias (quadrados médios) dos modelos de equações referentes aos dados da análise de fertilidade e física do solo: carbono (C), matéria orgânica (M.O), nitrogênio (N), fósforo (P), pH, e condutividade elétrica (C.E) em função de diferentes fontes de doses de matéria orgânica. Campina Grande - PB, 2007. (Continuação).

F.V	G.L	C (g/kg)	M.O (g/kg)	N (g/kg)	P (mg/dm ³)	pH	C. E (ds/m)
Composto orgânico							
Linear	1	4.56 ^{ns}	13.73 ^{ns}	0.072 ^{ns}	0.020 ^{ns}	0.008 ^{ns}	0.024 ^{ns}
Quadrática	1	7.42 ^{ns}	21.50 ^{ns}	0.062 ^{ns}	0.009 ^{ns}	0.105 ^{ns}	0.024 ^{ns}
Desv. de Regr.	1	0.02 ^{ns}	0.07 ^{ns}	0.0005 ^{ns}	0.008 ^{ns}	0.033 ^{ns}	0.001 ^{ns}
Torta de mamona							
Linear	1	20.20*	60.90*	0.19*	0.0003 ^{ns}	0.017 ^{ns}	0.002 ^{ns}
Quadrática	1	1.21 ^{ns}	3.06 ^{ns}	0.015 ^{ns}	0.003 ^{ns}	0.252 ^{ns}	0.011 ^{ns}
Desv. de Regr.	1	10.95 ^{ns}	34.32 ^{ns}	0.091 ^{ns}	0.0004 ^{ns}	0.002 ^{ns}	0.001 ^{ns}

**Significativo a 1% de probabilidade; *Significativo a 5% de probabilidade; ^{ns}Não significativo

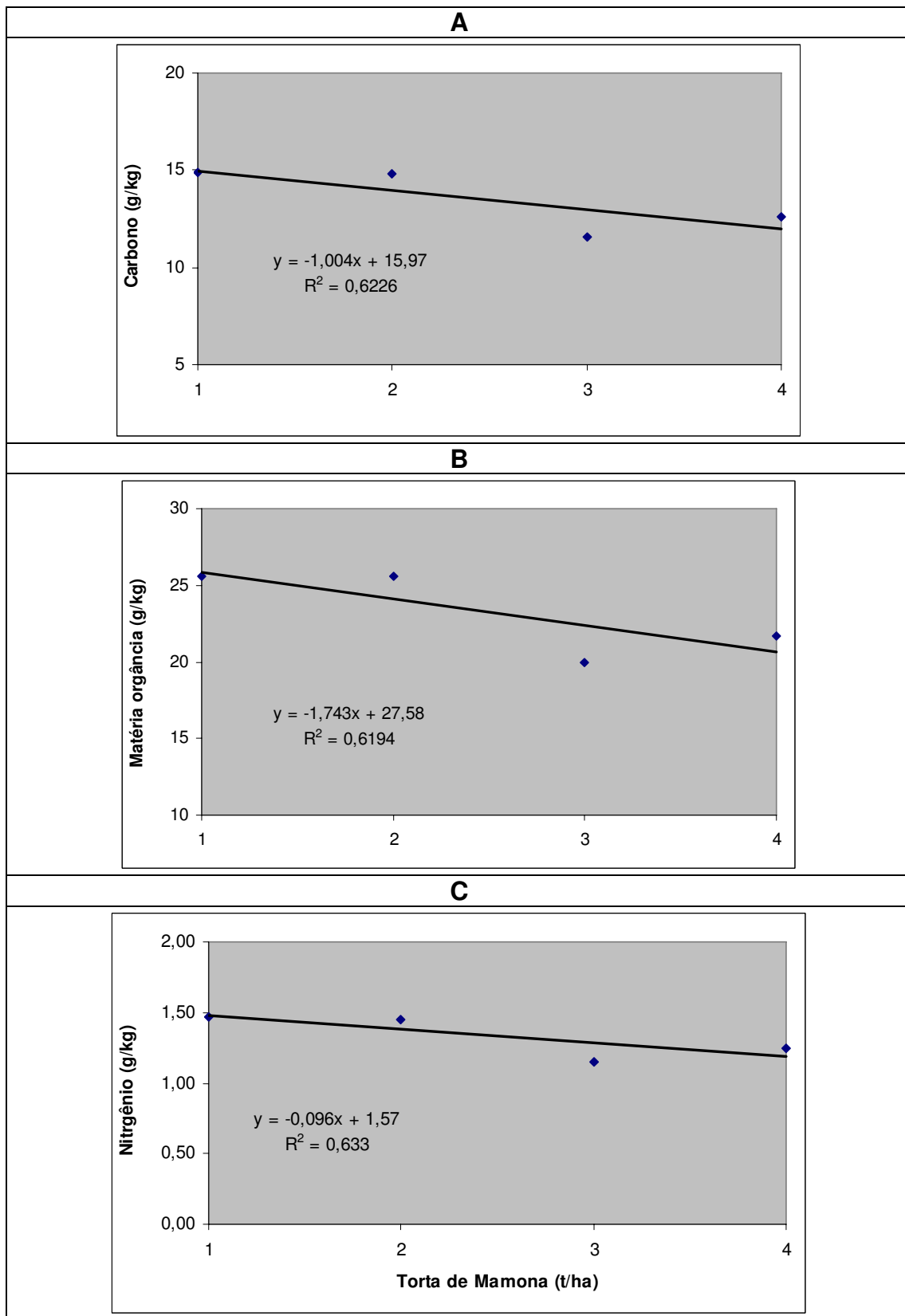


Figura 31. Relação entre as variáveis teores de carbono (A); matéria orgânica (B) e nitrogênio (C) em função de diferentes doses de torta de mamona. Campina Grande – PB, 2007.

5.0 CONCLUSÕES

- Experimento I

1.0 Densidades de solo mais elevadas, especialmente a 2 kg.dm^{-3} contribuíram significativamente para redução do crescimento em altura, diâmetro caulinar e área foliar de plantas de mamoneira.

2.0 O aumento da densidade do solo influenciou linearmente o comprimento das raízes das plantas de mamona provocando a cada incremento de $0,2 \text{ kg/dm}^3$ na densidade do solo uma redução de 3,15 cm no comprimento de raízes.

3.0 Quando se adiciona torta de mamona em solos compactados aumenta-se a velocidade de infiltração da água nesses solos.

4.0 Em solos com diferentes níveis de compactação a adição de torta de mamona influenciou no conteúdo de umidade natural e nos teores de macro e micro nutrientes.

5.0 A torta de mamona como fertilizante orgânico contribui de forma acentuada para reduzir os efeitos da compactação do solo sobre o desenvolvimento e crescimento das plantas de mamoneira.

6.0 A adubação com torta de mamona ocasionou efeito significativo sobre o teor de clorofila na folhas, produção de biomassa da parte aérea e raiz, comprimento de raiz das plantas de mamoneira.

7.0 A torta de mamona adicionada ao solo em diferentes doses aumentou os teores de N, PB, P, P_2O_5 , K e K_2O presentes na folha, o que evidencia sua importância para nutrição mineral da mamoneira.

- Experimento II

1.0 Os efeitos do composto de lixo orgânico adicionado ao solo em diferentes doses não influenciou os componentes de crescimento, desenvolvimento e produção de plantas de mamoneira cultivadas em casa de vegetação.

2.0 O composto de lixo orgânico adicionado ao solo não exerceu influência sobre os elementos minerais: N, PB, P, P_2O_5 , K e K_2O , constituintes da folha da mamoneira.

3.0 Na análise dos elementos minerais e da matéria orgânica do solo em função das diferentes doses dos fertilizantes orgânicos utilizados, constatou-se que o composto de lixo orgânico apenas aumentou o teor de magnésio, enquanto a torta de mamona proporcionou maiores teores de carbono, matéria orgânica e magnésio no solo.

4.0 A torta de mamona adicionada ao solo em diferentes doses proporcionou crescimento, desenvolvimento e produção de forma positiva às plantas de mamoneira.

5.0 A adubação do solo com torta de mamona em diferentes doses contribui para incrementar os teores de macronutrientes da folha da mamoneira.

6.0 RECOMENDAÇÕES

1.0 Repetir os dois experimentos em condição de campo, em sequeiro e irrigado levando em consideração os aspectos agrônômico, ambiental e econômico.

2.0 Estudar a fertilização de mamona com o composto de lixo orgânico utilizando doses mais elevadas.

3.0 Avaliar o efeito residual da torta de mamona e composto de lixo orgânico, utilizando uma segunda cultura ou cultivar de mamona.

7.0 REFERÊNCIAS

- AKHTAR, M.; MAHMOOD, I. Control of plant-parasitic nematodes with organic and inorganic amendments in agricultural soil. **Applied Soil Ecology**, Amsterdã, V. 4, p. 243-247, 1996.
- ALMEIDA, D. G. **A construção de sistemas agroflorestais a partir do saber ecológico local: o caso dos agricultores familiares que trabalham com agrofloresta em Pernambuco**. 2001. 66 p. (Dissertação de mestrado). UFSC, Florianópolis.
- ALVES, W. L. **Compostagem e vermicompostagem no tratamento do lixo urbano**. Jaboticabal: FUNEP, 1996. 47 P.
- ALVES, W.L.; PASSONI, A.A. Composto e vermicomposto de lixo urbano na produção de mudas de oiti (*Licania Tomentosa* (Benth)) para arborização. **Revista Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.10, p 1053-1058, outubro 1997.
- ANKENY, M. D.; KASPAR, T. C.; HORTON, R. **Characterization of tillage and traffic effects on unconfined infiltration measurements**. Soil Science Society of America Journal, Madison, v. 54, p. 837-840, 1990.
- AZEVEDO, D. M. P. de; LIMA, E. F.; BATISTA, F. A. S.; BELTRÃO, N. E. de M.; SOARES, J. J.; VIEIRA, R. de M. MOREIRA, J. de A. N. **Recomendações técnicas para o cultivo de mamoneira (*Rícino communis* L.) no Nordeste do Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 1997. 52p. (Circular Técnica, 21).
- AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F. (ed.). **O Agronegócio da Mamona no Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2001. 350 p. il.
- BAHIA. Secretária da Indústria, Comércio e Mineração. **Diagnóstico e oportunidades de investimento - mamona**. Salvador: CICM/SEBRAE, 1995. v. 5, 63p.
- BANCO DE DESENVOLVIMENTO DE MINAS GERAIS. **Programa operacional de incentivo à cultura da mamona na área mineira da Sudene**. Belo Horizonte, 2000a 11 p.
- BELTRÃO N. E. de M.; SILVA L. C. **Os múltiplos usos do óleo da mamoneira (*Ricinus communis* L.) e a importância do seu cultivo no Brasil**. Fibras e Óleos. Informativo da Embrapa Algodão - Agosto/1999, nº 31.
- BELTRÃO, N. E. de M. Mamoneira e seu cultivo no Nordeste Brasileiro: Excelente opção para a agricultura familiar, em especial no Estado da Paraíba. **Bahia Agrícola**. Viçosa, V. 4, n. 2, p. 21-22. 2001.
- BELTRÃO, N. E. de M. **Torta de mamona (*Ricinus Communis* L.): Fertilizante e alimento**. Campina Grande, PB: Embrapa Algodão, 2002, 5 p. (Embrapa Algodão - Comunicado Técnico, 171).
- BELTRÃO, N. E. de M.; SILVA, L. C.; MELO, E. de B. Mamona consorciada com feijão, visando produção de biodiesel, emprego e renda. **Bahia Agrícola**. Salvador, V. 5, Nº 2, p. 34-37, 2002.
- BELTRÃO, N. E. de M.; VALE, L. S. do.; SILVA, O. R. R. F. da. Agricultura Tropical: Quatro Décadas de Inovações Tecnológicas, Institucionais e Políticas. Vol. 1. **Produção e Produtividade**

Agrícola. In: Grãos oleaginosos. Cap. 4. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 2008. p. 753 – 766.

BELTRÃO, N.E.M. **Torta de Mamona (*Ricinus Communis* L): Fertilizante e Alimento**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2002, 6p. (Comunicado Técnico 171).

BENGOUG, A. G. & YOUING. I. M. Root elongation of seedling peas through layered soil of different penetration resistances. **Plant and Soil**, Dordrecht, 149:129-139,1993.

BEUTLER, A.N.; CENTURION, J.F. GUIMARÃES, C.M.; STONE, L.F.; MOREIRA, J. A. A. Soil compaction and fertilization is soybean productivity. **Sci. Agric**. Piracicaba, v.61, n.6, p.626-631, Nov./Dec. 2004.

BEVEN, K. J.; GERMANN, R. F. **Macropores and water flow in soils**. Water Resources, Washington, v. 18, p. 1311-1325, 1982.

BON, J. H. **Solubilização das proteínas da mamona por enzimas proteolíticas**. 1977. 136 p. Dissertação de Mestrado. UFRJ, Rio de Janeiro.

BORGES, E. N.; NOAIS, R. F.; REGAZZI, A. J.; FERNANDES, B. e BARROS, N. F. Respostas de variedades de soja à compactação do solo. **Revista Ceres**, Viçosa, 35:553-568, 1988.

CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L.R.F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas** - Piracicaba: ESALQ, 1997. 132p.

CAMPOS, T. de; FILHO, V. C. **Principais culturas**. 2. ed. Campinas, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1973.

CANECCHIO FILHO, V.; ROCHA, J. L.V.; FREIRE, E. J. **Adubação da mamoneira (*Ricinus communis* L). III Experiências com doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio**. Bragantia, 22:765-75.1963.

CAPRA, F. **A teia da vida**. Uma nova compreensão científica dos sistemas vivos. Editora Cultrix – São Paulo, 1996. 256 p.

CAPRA, F. Alfabetização Ecológica: o desafio para a educação do século 21. In: **Meio ambiente no século 21: 21 especialistas falam da questão ambiental nas áreas de conhecimento / coordenação André Trigueiro**. – Rio de Janeiro: Sextante, 2003.

CLOTHIER, B. E.; KIRKHAM, M. B.; MCLEN, J. E. **In situ measurements of the effective transport volume for solute moving through soil**. Soil Science Society of America Journal, Madison, v. 56, p. 733-736, 1992.

COELHO, D. K. **Efeitos na mamoneira da irrigação com águas salinas e adubação com polpa de mamona**. 2006. 89p. (Dissertação de Mestrado). UFCG, Campina Grande – PB.

COELHO, M. A.; SONCIN, N. B. **Geografia do Brasil**. São Paulo, ed. Moderna. 1982. 368 p.

CONAB. **Estimativa de área plantada** - safras 1997/98, 1998/99 e 1999/2000. Disponível: <http://www.w.w.conab.gov.br/politicaagricola/safra/cptarebr.cfm>. Acesso em 20/05/2003.

COSTA, Fabiana Xavier. **Levantamento qualitativo e quantitativo dos resíduos sólidos gerados no Campus I da UEPB (Bodocongó)**. 2001. 57 p. (Monografia). Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). Campina Grande - PB.

COSTA, Fabiana Xavier; BELTRÃO, Napoleão Esberard de Macedo; SEVERINO, Soares Liv. Composição química da torta de mamona. In: I Congresso Brasileiro da Mamona, 2004, Campina Grande – PB. Centro de Convenções Raimundo Asfora, 2004. **Anais do I Congresso Brasileiro da Mamona**. Campina Grande – PB, 2004.

COSTA, Fabiana Xavier; BELTRÃO, Napoleão Esberard .Macedo.; OLIVEIRA, Maria Edinete; PEIXOTO, Maria do Socorro Rocha de Melo. Plantio da mamoneira em solo compactado adubado com torta de mamona. **Principia**, João Pessoa, n.14, Dezembro 2006.

COSTA, Fabiana Xavier; BELTRÃO, Napoleão Esberard de Macedo; LIMA, Vera Lúcia Antunes de; LUCENA, Amanda Micheline Amador de; GUIMARÃES, Márcia Maria Bezerra; SEVERINO, Liv Soares. Utilização da Torta de Mamona no Plantio da Mamoneira em Solo Compactado. In: II Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel., 2007, Brasília – DF. **Anais do II Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel**. Brasília – DF, 2007.

COSTA, M. P. da. **Efeito da matéria orgânica em alguns atributos do solo**. 1983. 137p. Dissertação de mestrado – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

DE GEUS, J. G. **Fertilizer guide for tropical and subtropical farming**. Centre D'Estude de L'Azote, Zurich, Switzerland, 1967. p. 344.

DEXTER, A. R. Mechanics of root growth. **Plant and Soil, Dordrecht**, 98:303-312, 1987.

DIAS JUNIOR, M. de S.; PIERCE, F. J. O processo de compactação do solo e sua modelagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, p. 175-182, 1996.

DIRECTORATE OF OILSEEDS RESEARCH. Diversified uses of Castor. In: INTERNATIONAL SEMINAR ON CASTOR SEED, CASTOR OIL AND ITS VALUE ADDED PRODUCTS. **Proceedings...** Ahmedabad: The Solvent Extractors Association of India, 2004. p. 50-57.

DOLAN, M. S.; DOWDY, R. H.; VOORHEES, W. B.; JOHNSON, J. F. e BIDWELL-SCHRADER, A. M. **Corn phosphorus and potassium uptake in response to soil compaction**. *Agronomy journal*, Madison, 84:639-642, 1992.

EMBRAPA. Centro nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, DF: Embrapa Produção da informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.

ECONOMIA / CONCEITOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, disponível em (<http://www.economiabr.net/economia/>. Acesso em 22/07/2008).

EHLERS, E. **Agricultura sustentável: origens e perspectivas de um novo paradigma**. Guaíba-RS: Agropecuária, 1999.

FACHINI, E.; GALBIATTI, J.A.; PAVANI, L.C. Níveis de irrigação e de composto de lixo orgânico na formação de mudas cítricas em casa de vegetação. **Eng. Agric.**, Jaboticabal, v.24, n.3, p.578-588, 2004.

FAGERIA, N. K.; STONE, L. F.; SANTOS, A. B. dos. **Maximização da eficiência de produção das culturas**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 243p.

FILHO, P. M. Metodologias e técnicas de minimização, reciclagem e reutilização de resíduos sólidos urbanos. PROSAB In: **Reciclagem da matéria orgânica através da vermicompostagem**. Cap. 5. Pág. 31-39. Rio de Janeiro, 1999.

FOLDER – **Biodiesel na Petrobrás**, 2006.

FOLDER - **Cultivar da mamona BRS Paraguaçu** – Embrapa Algodão, 1998. FORNAZIERI JÚNIOR, A. F. **Mamona: uma rica fonte de óleo e de divisas**. Ed. Cone. São Paulo, 1986.

FREITAS, P. L. de. Aspectos físicos e biológicos do solo. In: LANDRES, J. N. (ed.). **Fascículos sobre experiências em plantio direto nos Cerrados**. Uberlândia: APDC, 1994. Cap. 9, p. 187-196.

GALBIATTI, J.A.; LUI, J.J.; SABONARO, D.Z.; BUENO, L.F.; SILVA, V. da. Formação de mudas de eucalipto com utilização de lixo orgânico e níveis de irrigação calculados por dois métodos. **Eng. Agric.**, Jaboticabal, v.27, n.2, p.445-455, 2007

GARDNER JR., H. K.; D'AQUIN, E. L.; KOULTUN, S. P.; McCOURTNEY, E. J.; VIX, H. L. E.; GASTROCK, E. A. **Detoxification and deallergenization of Castor Beans**. The Journal of the American Oil Chemists Society 37: 142-148. 1960.

GIBSON, C. da P. **Efeito do composto no Latossolo amarelo: produtividade e alterações químicas**. 1992. 99 p. (Dissertação de mestrado) – Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Belém.

GREGORY, P.J. Crecimiento y funcionamiento de las raíces. In: WILD, A., coord. **Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas segun Russell**. Madrid, Mundi-Prensa, 1992. p.121-175.

GREGORY, P.J. El água y el crecimiento de los cultivos. In: WILD, A., coord. **Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas segun Russell**. Madrid, Mundi-Prensa, 1992. p.355-394.

GROHMANN, F.; QUIEROZ NETO, J.P. de. Efeito da compactação artificial de dois solos limo-argilosos sobre a penetração das raízes de arroz. **Bragantia**, Campinas, v.25, n.38 421-428, 1966.

GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A. Compactação do solo na cultura do feijoeiro.II: efeito sobre o desenvolvimento radicular e da parte aérea. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.2, p.213-218, 2002.

HEMERLY, F. X. **Mamona: comportamento e tendências no Brasil**. Brasília, Embrapa-DID, 1981. 69P. (Embrapa-DTC - Documentos, 2).

HILLEL, D. **Introduction to soil physics**. San diego: Academic Press, 1982. 264 p.

HOLFELDER, M. G. A.; STECK, M.; KOMOR, E.; SEIFERT, K. Ricinine in phloem sap of *Ricinus communis* L. **Phytochemistry** 47 (8): 1461-1463. 1998.

ICOA. **The processing of castor meal for detoxification and deallergenation**. Ridgewood, 1989. 75 p. (Technical Bulletin, 1).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Anuário Estatístico do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2000.

JESUS, E. L. Da agricultura alternativa à agroecologia: para além das disputas conceituais. **Agricultura Sustentável**, v.3, n.1/2. jan/dez. 1996. Pp. 13-27.

JOHNSON, J. F.; VOORHEES, W. B.; NELSON, W. W. e RANDALL, G. W. **Soybean growth and yield as affected by surface and subsoil compaction**. *Agronomy Journal*, Madison, 82:973-979, 1990.

JONES JUNIOR, J.B.; WOLF, B.; MILL, H.A. **Plant analysis handbook, a practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide**. Athens, Georgia, Micro-Macro Publishing, 1991. p.144.

KEENEY, D. Sustainable agriculture: definition and concepts. **Journal of Production and Agriculture**, Madison, v.3, p.281-285, 1990.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Editora Agronômica Ceres Ltda. Piracicaba, 1985. 492p.

KIEHL, E.J. **Manual de edafologia: relações solo-planta**. Ceres, São Paulo, 1979. 262p.

KONNUR, R.; SUBBARAO, E. C. Biogas from de-oiled castor cake. In: INTERNATIONAL SEMINAR ON CASTOR SEED, CASTOR OIL AND ITS VALUE ADDED PRODUCTS. **Proceedings...** Ahmedabad: The Solvent Extractors Association of India, 2004. p. 31-35.

LOUREIRO, M. C. Torta de semente da mamoneira na alimentação animal. **Revista Ceres**, Viçosa, V. 11, Nº 66, 1962, p. 290-294.

MACHADO, R. M. de; BARREIRA, H, A.; FARIA E. V.; MACHADO, D. D. **O farelo de mamona destoxicado na alimentação de novilhas leiteiras**. Rio de Janeiro: Instituto de Zootecnia, 1957. 12 p. (publicação 41).

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.

MANTOVANI, J.R.; FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. da; BARBOSA, J.C. Alterações nos atributos de fertilidade em solo adubado com composto de lixo urbano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, n.5 p.817-824, 2005.

MAZUR, N.; SANTOS, G. de A.; VELLOSO, A. C. X. Efeito do composto do resíduo urbano na disponibilidade de fósforo em solo ácido. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Campinas, v. 7, p. 153-156, 1983a.

MAZUR, N.; VELLOSO, A. C. X.; SANTOS, G. de A.; Efeito do composto do resíduo urbano no pH e alumínio trocável em solo ácido. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Campinas, v. 7, p. 157-159, 1983b.

MELLO, S.C.; VITTI, G.C. Desenvolvimento do tomateiro e modificações nas propriedades químicas do solo em função da aplicação de resíduos orgânicos, sob cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, n.2 p(ver as paginas), junho 2002.

MISRA, R. K.; DEXTER, A. R. & ALSTON, A. M. Maximum axial and radial growth pressures of plant roots. **Plant and Soil**, Dordrecht, 95:315-326, 1986.

MORAES, M. H. **Efeitos da compactação em algumas propriedades físicas do solo e no desenvolvimento do sistema radicular da plantas de soja**. Piracicaba, 1988, 105 p. Dissertação (Mestrado em agronomia) – ESALQ-USP.

MORAES, W. V. de. **Comportamento de características e propriedades físicas de um latossolo vermelho-escuro, submetido a diferentes sistemas de cultivo**. 1984, 107 p. Dissertação de Mestrado. UFLA, Lavras.

MOSHKIN, V. A. **Castor**. New Delhi: Amerind Publishing, 1986. 315p.

MUSTIN, M. **Le compost**. Editions François Dubusc – Paris, 954 p. 1987.

NARANG, U.; ANDERSON, G. P.; LIGLER, F. S.; BURANST, J. Fiber optic-based biosensor for ricin. **Biosensors e Bioelectronics** 12 (9): 937-945. 1997.

NASCIMENTO, M. B. H. do. **Modificações no ambiente edáfico, na água e na mamoneira, submetidas ao uso de biossólidos e água residuária**. 2003. 78 p. (Dissertação de Mestrado). UFCG. Campina Grande.

NETO, M. da S. A; ARAÚJO, A. E. de; BELTRÃO, N. E. de M. **O agronegócio da mamona no Brasil**. C.3. Embrapa Informação Tecnológica. Brasília, DF, 2001, 350p.: il.; 22 cm.

OLALDE, A. R.; ALMEIDA, D. G. de; DIAS, B. de O. **A dimensão cultural, institucional, educacional e a interdisciplinaridade no desenvolvimento local sustentável**. Cruz das Almas, BA: UFBA/Escola de Agronomia/Programa de Pós Graduação em Ciências Agrárias, 2003. P. 27-39.

OLSNES, S.; KOZLOV, J. Ricin. **Toxicon**: 39(11): 1723-1728. 2001.

PARENTE, E. J. de S. **BIODIESEL: Uma Aventura Tecnológica num País Engraçado**. Fortaleza, CE. 2003. 66 p.

PEREIRA NETO, J. T. **Manual de compostagem processo de baixo custo**. UNICEF, Belo Horizonte, 1996.

PEREIRA NETO, J. T. **Um sistema de reciclagem e compostagem, de baixo custo, de lixo urbano para países em desenvolvimento**. Viçosa: UFV, 1995. 16 p. (UFV. Conselho de Extensão. Informe técnico, 74).

PIRES, G. S. **Influência da adubação nitrogenada, fosfatada e populações de plantas sobre algumas características agrônômicas da mamoneira anã- *Ricinus communis* L. Cultivar IAC - 38, no Estado do Ceará, Brasil**. Fortaleza. 1977. 45p. (Dissertação de mestrado). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

Produtos Mamona. Disponível em, www.cnpa.embrapa.br da Embrapa Algodão. Acesso em 25/07/2008.

PRIMAVESI, A. **O manejo ecológico do solo: agricultura em regiões tropicais** - São Paulo: Nobel, 1982. 541p.

Programa Ambiental: **A Última Arca de Noé** - Copyright 1999/2005, disponível em <http://www.ultimaarcadenoe.com>. Acesso em 17/04/2005.

RAGHAVAN, G. S.V.; MICKYES, E. Physical and hydraulic characteristics in compacted clay soils. **Journal of Terramechanics**, Elmsford, v. 19, p. 235-242, 1983.

REYNOLDS, W. D.; ELRICK, D. E. Determination of hydraulic conductivity using a tension infiltrometer. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 55, p. 633-639, 1991.

RICHARDS, L. A. **Agric. Handbook**. s.i., v.s. Dep. Agric., 1954, p. 65-7 (Agric. Handbook, 60).

ROMEIRO, A. **Meio ambiente e dinâmica de inovações na agricultura**. São Paulo: Annablume; FAPESP, 1998, 272 p.

ROSOLEM, C. A.; FERNANDEZ, E. M.; ANDREOTTI, M.; CRUSCIOL, C. A. C. Crescimento radicular de plântulas de milho afetado pela resistência do solo à penetração. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 34, nº 5, p. 821-828, maio, 1999.

ROSOLEM, C.A.; ALMEIDA, A.C.S.; SACRAMENTO, L.V.S. do. Sistema radicular e nutrição da soja em função da compactação do solo. **Bragantia**, Campinas, 53(2): 259-266, 1994.

ROSOLEM, C.A.; FERNANDES, E.M.; ANDREOTTI, M.; CRUSCIOL, C.A.C. Crescimento radicular de plântulas de milho afetado pela resistência do solo à penetração. **Revista Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, nº 10, p. 821-828, maio 1999.

SANTOS, J. W. Dos; ALMEIDA, F. A. C.; BELTRÃO, N. E. M.; CAVALCANTI, F. B. **Estatística experimental aplicada**. 2ª ed. Campina Grande: Embrapa Algodão/ Universidade Federal de Campina Grande, 2008, 461p.

SANTOS, R. F. dos; BARROS, M. A. L.; MARQUES, F. M.; FIRMINO, P. de T. REQUIÃO, L. E. G. In: **O agronegócio da Mamona no Brasil**. Cap. 1, Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2001.

SAVY F. A.; BANZATTO, N. V. O mercado está para a mamona. **Casa da Agricultura**, v. 5, n. 5, p. 12-15, 1983.

SAVY F. A.; BANZATTO, N.V.; BARBOZA, M.Z. Mamona, In: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral – CATI – **Oleaginosas no Estado de São Paulo: análise e diagnóstico**. Campina – SP. 1999, p. 29-39.

SEARA (Fortaleza, CE). **Projeto recuperação da cotonicultura estadual**. Fortaleza, 1989, p. 32-39.

SEVERINO, L. S.; CARDOSO, G. D.; VALE, L. S. do; SANTOS, J. W. dos. **Método para determinação da área foliar da mamoneira**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. 20p. (Embrapa Algodão. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 55).

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

SEVERINO, L. S.; LIMA, R. L. S. de; ALBUQUERQUE, R.C., BELTRÃO, N. E. M.; SILVA, M. I. L. **Casca e Torta de Mamona Avaliadas em vasos como Fertilizantes Orgânicos**. Campina Grande, PB. Embrapa Algodão, 2007. 15p. (Embrapa Algodão. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 83).

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

SILVA, E. B. E. Compostagem de lixo na Amazônia: insumos para a produção de alimentos. In: Reciclagem do lixo urbano para fins industriais e agrícolas, 1998, Belém, PA. **Anais**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental: SECTAM: Prefeitura Municipal de Belém, 2000. p. 57 – 64 (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 30).

SILVA, R. R. **Seleção de cultivares de mamona com diferentes doses de composto de lixo para vegetação de aterros de resíduos sólidos urbanos.**, 2005. 99p. Dissertação de Mestrado. COPPE/UFRJ - Rio de Janeiro.

SINGH, A.; SINGH, J. N. e TRIPATHI, S. K. **Effect of soil compaction on the growth of soybean**. Indian Journal of Agricultural Science. New Delhi. 41:422-426. 1971.

SMETTEM, K. R. J.; CLOTHIER, B. E. Measuring unsaturated sorptivity and hydraulic conductivity using multiple disc permeameters. **Journal of Soil Science, Oxford**, v. 40, p. 563-568, 1989.

SMUCKER, A. J. M.; ERICKSON, A. E. Tillage and compactive modifications of gaseous flow and soil aeration. In: LARSON, W. E.; BLAKE, G. R.; ALLMARAS, R. R.; VOORHEES, W.B.; GUPTA, S. C. (eds). **Mechanics related process in structured agricultural soils**. NATO applied sciences. Amsterdam:Kluwer Academic Publishers, v. 172, p. 205-221, 1989.

SOANE, B. D. The role of organic matter in soil compatibility: A review of some practical aspects. **Soil e Tillage Research, Amsterdam**, v. 16, p. 179-201, 1990.

SOUZA, R. M. **Efeito do farelo de mamona destoxicado sobre os valores hematológicos de suínos**. 1979. 43p. Dissertação de Mestrado. UFMG, Belo Horizonte

STONE, L.F.; GUIMARÃES, C.M.; MOREIRA, J.A.A. Compactação do solo na cultura do feijoeiro.I: efeitos nas propriedades físico-hídricas do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.2, p.207-212, 2002.

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

TEIXEIRA, L. B.; GERMANO, V. L. C.; OLIVEIRA, R. F.DE; JÚNIOR J. F. **Processo de compostagem, a partir de lixo orgânico urbano, em leira estática com ventilação natural**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Embrapa. Belém – PA, Outubro, 2004. 8 p. Circular Técnica, 33.

TEIXEIRA, L. B.; OLIVEIRA, R. F.DE; GERMANO, V. L. C.; JÚNIOR J. F. **Composição química de composto de lixo orgânico urbano de Barcarena**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Embrapa. Belém – PA, Setembro, 2002 b. 4 p. Comunicado Técnico, 71.

TEIXEIRA, L. B.; OLIVEIRA, R. F.DE; JÚNIOR J. F; CHENG, S. S. **Comparação de composto orgânico de Barcarena com adubos orgânicos tradicionais quanto às propriedades químicas**.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Embrapa. Belém, PA - Agosto, 2002a. 3 p. Comunicado Técnico, 70.

TERRON, P.U.; HERNANDEZ, C.R. **Condiciones del Suelo y Desarrollo de las Plantas Segun Russell** - Madrid: Mundi-Prensa, 1992.1045p.

UDESHI, V. The present status of castor oil industry. In: INTERNATIONAL SEMINAR ON CASTOR SEED, CASTOR OIL AND ITS VALUE ADDED PRODUCTS. **Proceedings...** Ahmedabad: The Solvent Extractors Association of India, 2004. p. 36-38.

WANG, J.; HESKETH, J. D.; WOOLLEY, J. T. **Preexisting channels and soybean rooting patterns**. Soil Science, Baltimore, v. 141, p. 432-437, 1986.

WATSON, K. W.; LUXMORE, R. J. **Estimating macroporosity in a forest watershed by use of a tension infiltrometer**. Soil Science Society of America Journal, Madison, v. 50, p. 578-582, 1986.

WEISS, E. A. Castor. In: Weiss, E. A. **Oil seed crops**. London: Longman, 1983. p. 31.

WEISS, E. A. **Oil seed crops**. London: Longman, 1983. 659p.

WHITE, I.; SULLY, M. J.; PERROUX, K. M. Measurement of surface-soil hydraulic properties: disk permeameters, tension infiltrometers, and other techniques. In: Topp, G.C.; REYNOLDS, W. D.; GREEN, R. E. (eds.). **Advances of soil physical properties: Bringing theory into practice**. Madison: American Society of Agronomy, p. 69-103. 1992, Special Publication 30.

ZIMMERMAN, L. H. **Castorbeans; a new oil crop for mechanized production**. Advances in Agronomy. Elsevier, USA, 10:257-88, 1958.