

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**RESPOSTA DA CULTURA DA MAMONA À FERTILIZAÇÃO COM
LODO DE ESGOTO**

LAUTER SILVA SOUTO

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP - Campus de
Botucatu, para obtenção do título de
Doutor em Agronomia (Agricultura).

BOTUCATU – SP

Março – 2007

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**RESPOSTA DA CULTURA DA MAMONA À FERTILIZAÇÃO COM
LODO DE ESGOTO**

LAUTER SILVA SOUTO

**Engenheiro Agrônomo
Mestre em Agronomia**

Orientador: Prof. Dr. DIRCEU MAXIMINO FERNANDES

Co-Orientador: Prof. Dr. MAURÍCIO DUTRA ZANOTTO

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP - Campus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia (Agricultura).

BOTUCATU – SP

Março – 2007

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA
INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO
UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

S728r Souto, Lauter Silva, 1978-
Resposta da cultura da mamona à fertilização com lodo
de esgoto / Lauter Silva Souto. - Botucatu : [s.n.], 2007.
vii, 75 f. : gráfs., tabs.

Tese (Doutorado)-Universidade Estadual Paulista, Facul-
dade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2007

Orientador: Dirceu Maximino Fernandes

Co-orientador: Maurício Dutra Zanotto

Inclui bibliografia.

1. Lodo de esgoto. 2. Mamona . 3. Adubação. 4. Nutrição. 5.
Produtividade. I. Fernandes, Dirceu Maximino. II. Zano-
tto, Maurício Dutra. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"
(Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. IV. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO: "RESPOSTA DA CULTURA DA MAMONA À FERTILIZAÇÃO
COM LODO DE ESGOTO"**

ALUNO: LAUTER SILVA SOUTO

ORIENTADOR: PROF. DR. DIRCEU MAXIMINO FERNANDES
CO-ORIENTADOR: PROF. DR. MAURÍCIO DUTRA ZANOTTO

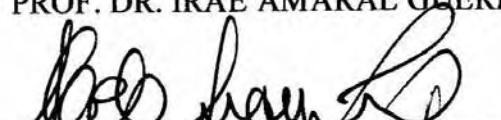
Aprovado pela Comissão Examinadora




PROF. DR. DIRCEU MAXIMINO FERNANDES



PROF. DR. IRAÉ AMARAL GUERRINI



PROF. DR. HÉLIO GRASSI FILHO



DR. JOSÉ GERALDO CARVALHO AMARAL



DR. JOÃO PAULO TEIXEIRA WHITAKER

Data da Realização: 15 de março de 2007.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por ter me dado forças para realizar mais esta conquista.

Aos meus pais, irmãos e familiares por caminharmos sempre juntos.

Ao Prof. Dr. Dirceu Maximino Fernandes, pela orientação, pelos conhecimentos transmitidos, pelo incentivo e pela amizade.

Ao Prof. Dr. Maurício Dutra Zanotto, pela co-orientação, o que tornou possível à realização do presente trabalho, pelo incentivo e pela amizade.

Aos Professores Dr. Hélio Grassi Filho e Iraê Amaral Guerrini, pelas sugestões, e pelo convívio.

Aos Doutores João Paulo Withaker e José Geraldo Carvalho do Amaral, pelas críticas, sugestões e fornecimento do material genético.

À Faculdade de Ciências Agronômicas - UNESP, pela oportunidade oferecida para realização deste curso.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudo.

Aos Professores do Departamento de Recursos Naturais - Área de Ciência do Solo, pelo valioso apoio na condução do presente trabalho.

Ao Departamento de Produção Vegetal, Setor de Agricultura, pela oportunidade na realização deste curso.

Aos Professores do Departamento de Produção Vegetal, Setor de Agricultura, pelos ensinamentos e incentivo.

Aos funcionários da Área de Ciência do Solo, especialmente a De Pieri, Adenir Pires, Roberto, José Carlos, Adílson, Jair, Dorival e Noel, pelo valioso apoio.

Aos funcionários da biblioteca “Paulo de Carvalho Mattos” e da Seção de Pós-Graduação, pelo eficiente atendimento.

Aos colegas de república (Gilmar, Leopoldo, Rogério, Vladimir), pela amizade e pelo incentivo.

Aos colegas de curso, pela amizade e pelo incentivo.

Às pessoas que, de alguma maneira, contribuíram nesta empreitada.

SUMÁRIO

	Páginas
LISTA DE TABELAS	V
LISTA DE FIGURAS	VII
1 RESUMO	1
2 SUMMARY	3
3 INTRODUÇÃO	5
4 REVISÃO DE LITERATURA	7
4.1 Descrição e importância da cultura da mamona	7
4.2 Uso agrícola do lodo de esgoto.....	9
4.3 População de plantas.....	16
5 MATERIAL E MÉTODOS	19
5.1 Experimento 1: Efeito de doses de lodo de esgoto (LE) e população de plantas de mamoneira, Híbrido Lyra, na nutrição e componentes de produção da cultura	19
5.1.1 Localização da área experimental e caracterização do solo.....	19
5.1.2 Delineamento experimental e descrição dos tratamentos.....	20
5.1.3 Origem e caracterização química do lodo de esgoto.....	22
5.1.4 Instalação e condução do experimento.....	23
5.1.5 Características avaliadas.....	24
5.1.5.1 Altura média de plantas.....	24
5.1.5.2 Porcentagem dos grãos nos frutos.....	24
5.1.5.3 Diagnose foliar.....	24
5.1.5.4 Teor de nutrientes nos grãos.....	25
5.1.5.5 Produtividade de frutos.....	25
5.1.5.6 Produtividade de grãos.....	26
5.1.5.7 Teor de óleo nos grãos.....	26
5.1.5.8 Produtividade de óleo.....	26
5.1.6 Temperatura e precipitação pluviométrica.....	26
5.1.7 Análise estatística.....	28

5.2	Experimento 2: Efeito de doses e formas de aplicação de lodo de esgoto (LE) na nutrição e crescimento inicial da mamoneira Cultivar AL Guarany 2002.....	29
5.2.1	Localização da área experimental e caracterização do solo.....	29
5.2.2	Delineamento experimental e descrição dos tratamentos.....	29
5.2.3	Origem e caracterização química do lodo de esgoto.....	31
5.2.4	Instalação e condução do experimento.....	31
5.2.5	Características avaliadas.....	32
5.2.6	Análise estatística.....	32
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
6.1	Experimento 1: Efeito de doses de lodo de esgoto (LE) e população de plantas de mamoneira, Híbrido Lyra, na nutrição e componentes de produção da cultura.....	33
6.1.1	Altura média de plantas e porcentagem dos grãos nos frutos.....	33
6.1.2	Diagnose foliar.....	37
6.1.3	Teor de nutrientes nos grãos.....	41
6.1.4	Produtividade da mamoneira.....	43
6.1.5	Teor e produtividade de óleo.....	49
6.2	Experimento 2: Efeito de doses e formas de aplicação de lodo de esgoto (LE) na nutrição e crescimento inicial da mamoneira Cultivar AL Guarany 2002.....	52
6.2.1	Acúmulo de macronutrientes e produção de fitomassa seca.....	52
7	CONCLUSÕES	57
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Análise química inicial do solo nas várias profundidades de amostragem. Botucatu-SP, 2005	20
Tabela 2. Características químicas do lodo de esgoto (LE) utilizado no experimento. Botucatu-SP, 2004	23
Tabela 3. Análise química inicial do solo na profundidade de 0-20 cm de amostragem. Botucatu-SP, 2005	29
Tabela 4. Condutividade elétrica (CE) dos tratamentos por ocasião da semeadura. Botucatu-SP, 2005	31
Tabela 5. Altura média de plantas e porcentagem dos grãos nos frutos (rendimento), de cachos primários da mamoneira – Híbrido Lyra, em função de variações nas doses de lodo de esgoto (LE) e nas populações de plantas. Média de três repetições. Botucatu-SP, 2005.....	34
Tabela 6. Diagnose foliar da cultura da mamoneira (macronutrientes) – Híbrido Lyra, em função de variações nas doses de lodo de esgoto (LE) e nas populações de plantas. Média de três repetições. Botucatu-SP, 2005.....	38
Tabela 7. Diagnose foliar (micronutrientes) da cultura da mamoneira – Híbrido Lyra, em função de variações nas doses de lodo de esgoto (LE) e nas populações de plantas. Média de três repetições. Botucatu-SP, 2005.....	38
Tabela 8. Teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio nos grãos da mamoneira – Híbrido Lyra, em função de variações nas doses de lodo de esgoto (LE) e nas populações de plantas. Média de três repetições. Botucatu-SP, 2005.....	42
Tabela 9. Teor de boro, cobre, manganês e zinco nos grãos da mamoneira – Híbrido Lyra, em função de variações nas doses de lodo de esgoto (LE) e nas populações de plantas. Média de três repetições. Botucatu-SP, 2005.....	42
Tabela 10. Produtividade de frutos (kg ha ⁻¹) de cachos primários da mamoneira – Híbrido Lyra, em função de variações nas doses de lodo de esgoto (LE) e nas populações de plantas. Médias de três repetições. Botucatu-SP, 2005.....	44

Tabela 11. Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹) de cachos primários da mamoneira – Híbrido Lyra, em função de variações nas doses de lodo de esgoto (LE) e nas populações de plantas. Médias de três repetições. Botucatu-SP, 2005	44
Tabela 12. Produtividade de frutos (casca + grãos) e grãos, de cachos primários e demais cachos da mamoneira – Híbrido Lyra, em função de variações nas doses de lodo de esgoto (LE) e nas populações de plantas. Média de três repetições. Botucatu-SP, 2005	46
Tabela 13. Teor de óleo nos grãos e produtividade de óleo de cachos primários e total (cacho primário + demais) da cultura da mamoneira – Híbrido Lyra, em função de variações nas doses de lodo de esgoto (LE) e nas populações de plantas. Média de três repetições. Botucatu-SP, 2005.....	50
Tabela 14. Valores médios de fitomassa seca (parte aérea) da mamoneira, 50 dias após aplicação das doses de lodo de esgoto e formas de aplicação ao solo. Média de quatro repetições. Botucatu-SP, 2005.....	54

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Regime pluviométrico nos meses de dezembro de 2004 a novembro de 2005. Botucatu-SP..... 27
- Figura 2.** Temperaturas máximas, médias e mínimas nos meses de dezembro de 2004 a novembro de 2005. Botucatu-SP..... 28
- Figura 3.** Altura média de plantas da mamoneira – Híbrido Lyra, em função de variações nas doses de lodo de esgoto (LE). Média de três repetições. Botucatu-SP, 2005..... 35
- Figura 4.** Porcentagem dos grãos nos frutos (rendimento) de cachos primários da mamoneira – Híbrido Lyra, em função de variações nas doses de lodo de esgoto (LE). Média de três repetições. Botucatu-SP, 2005..... 35
- Figura 5.** Produtividade de frutos (casca + grãos) de cachos primários e demais cachos da mamoneira – Híbrido Lyra, em função de variações nas doses de lodo de esgoto (LE). Média de três repetições. Botucatu-SP, 2005..... 46
- Figura 6.** Produtividade de grãos de cachos primários e demais cachos da mamoneira – Híbrido Lyra, em função de variações nas doses de lodo de esgoto (LE). Média de três repetições. Botucatu-SP, 2005..... 47
- Figura 7.** Produtividade de óleo de cachos primários da cultura da mamoneira – Híbrido Lyra, em função de variações nas doses de lodo de esgoto (LE). Média de três repetições. Botucatu-SP, 2005..... 51
- Figura 8.** Produtividade de óleo (cachos primários + demais) da cultura da mamoneira – Híbrido Lyra, em função de variações nas doses de lodo de esgoto (LE). Média de três repetições. Botucatu-SP, 2005..... 51
- Figura 9.** Acúmulo de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre na parte aérea das plantas, em razão das formas de aplicação (0, 25, 50, 75 e 100: aplicação do lodo em superfície; incorporado a 25, 50, 75 e 100% do volume de solo; respectivamente) e doses de lodo de esgoto 55

1 RESUMO

A utilização de resíduos urbanos na agricultura vem se tornando uma prática comum. Vários trabalhos realizados demonstram que a aplicação destes resíduos de forma adequada aumenta a produtividade das culturas e minimiza custos com fertilizantes inorgânicos. Foram realizados dois experimentos na FCA/UNESP – Botucatu, SP, em NITOSSOLO VERMELHO eutrófico, em campo e em túnel plástico. No ensaio em campo estudou-se o efeito de doses de lodo de esgoto (LE) de 0, 3, 6, 12 e 24 Mg ha⁻¹ (base úmida) aplicados no sulco de semeadura e quatro populações de plantas (6.666, 10.000, 13.333 e 20.000 plantas ha⁻¹), em esquema fatorial 5 x 4. Neste experimento foram avaliadas a produtividade de frutos e grãos de cachos primários e total, teor de óleo no primeiro cacho, produtividade de óleo de cachos primários e total e o teor de nutrientes nos grãos. Também se avaliou a altura média das plantas, porcentagem de grãos nos frutos e o estado nutricional por ocasião do florescimento. No ensaio em túnel plástico avaliou-se a aplicação de lodo de esgoto (LE) na superfície e incorporado em 25, 50, 75 e 100% ao volume de solo, durante o período de 50 dias de desenvolvimento da cultura, nas quantidades correspondentes a 5, 10, 20, 40 e

80 Mg ha⁻¹, base úmida, em esquema fatorial 5 x 5. Aos 50 dias após a semeadura, as plantas de mamona foram colhidas para determinação da produção de fitomassa seca e acúmulo de macronutrientes pela parte aérea. Ambos experimentos foram conduzidos em delineamento experimental em blocos ao acaso. As quantidades aplicadas de lodo de esgoto foram calculadas em função do conteúdo e disponibilidade do nitrogênio nestes. Para o experimento de campo, a produtividade da mamoneira atingiu 2741,70 e 1972,04 kg ha⁻¹ de frutos e grãos, respectivamente, com 24 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto e, 3631,39 e 2629,39 kg ha⁻¹ de frutos e grãos, respectivamente, na população de 20.000 plantas ha⁻¹. A produtividade de óleo aumentou de 737,19 para 925,79 kg ha⁻¹ entre os tratamentos sem adição de lodo e 24 Mg ha⁻¹ de lodo e, de 583,84 para 1225,75 kg ha⁻¹ entre a população de 6.666 e 20.000 plantas ha⁻¹. A aplicação do lodo de esgoto afetou de forma significativa a altura das plantas e a porcentagem de grãos nos frutos. Não houve efeito das doses de lodo no estado nutricional, teor de nutrientes e de óleo nos grãos do primeiro cacho da mamoneira. Com relação ao experimento em túnel plástico, o lodo de esgoto e as formas de aplicação afetaram a produção de fitomassa seca e o acúmulo de N, P, K, Ca, Mg e S.

Palavras-chave: *Ricinus communis* L., resíduos urbanos, nutrição.

CASTOR BEAN PLANT RESPONSE IN FERTILIZATION WITH SEWAGE SLUDGE. Botucatu, 2007. Tese (Doutorado em Agronomia / Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista. 83p.

Author: LAUTER SILVA SOUTO

Adviser: DIRCEU MAXIMINO FERNANDES

Co-Adviser: MAURÍCIO DUTRA ZANOTTO

2 SUMMARY

The use of urban residue in agriculture has become a usual practice. Various works show that the use of this residue in the adequate way benefits the soil properties enlarges productivity and minimizes costs with inorganic fertilizers. Two experiments were made in FCA/UNESP – Botucatu, SP, in Nitossol Red eutrophic, in field and in plastic tunnel. In the experiment in the field, we have studied the effect of levels of sewage sludge (LE) of 0, 3, 6, 12 and 24 Mg ha⁻¹ (umid basis) applied to the sowing, into the furrows and four populations of plants (6.666, 10.000, 13.333 and 20.000 plants ha⁻¹), in factorial scheme 5 X 4. In this experiment were evaluated the productivity of fruits and grains of primary bunch and total, oil level in the first raceme, productivity of oil in primary bunch and total and the nutrient level in the seeds. Were also evaluated the height of the plants, the seed percentage in the fruits and the nutritional state at flowering time. In the experiment in the plastic tunnel were evaluated the application of sewage sludge (LE) in the surface and incorporated in 25, 50, 75 and 100% to the volume of soil for a period of 50 days of crop development in the corresponding amounts of 5, 10, 20, 40 and 80 Mg ha⁻¹, humid base, in factorial scheme 5 X 5. In the 50th after the sowing the castor bean plants were picked for the determination of production of dry matter and macronutrients accumulation by the aerial part. Both experiments were conducted with the use of random blocks design. The amounts of sewage sludge used were calculated considering the content and nitrogen availability in them. In the experiment in the field, the castor bean plant productivity reached 2741,70 and 1972,04 kg ha⁻¹ of fruits and grains with 240 Mg ha⁻¹ of sewage sludge and, 3631,39 and 2629,39 kg ha⁻¹ of fruits and grains in the population of

20000 plants ha⁻¹, respectively. The oil production rose from 737,19 to 925,79 kg ha⁻¹ among the treatments with no adding of N and 24 Mg ha⁻¹ of sewage sludge, and from 583,84 to 1225,75 kg ha⁻¹ among the population of 6.666 and 20.000 plants ha⁻¹. The application of sewage sludge has greatly affected the height of the plants, the seed percentage in the fruits. There were no effects of the N doses on the nutritional state, nutrient and oil levels in the seeds of the first bunch. Concerning the experiment in plastic tunnel, the sewage sludge and application ways affected the production of dry matter and the accumulation of N, P, K, Ca, Mg and S.

Key words: *Ricinus communis* L., urban residue, nutrition.

3 INTRODUÇÃO

A utilização de lodo de esgoto na agricultura tornou-se uma das opções para reduzir a poluição das águas, reunindo um conjunto de vantagens para toda a sociedade e colaborando para a redução de impactos ambientais. Por ser, geralmente, rico em matéria orgânica e nutrientes, o lodo de esgoto pode ser recomendado para a aplicação segura como fertilizante e condicionador de solo, substituindo parcial ou totalmente os fertilizantes minerais. As vantagens da aplicação do lodo de esgoto podem se equiparar ou superar os obtidos com a adubação mineral, principalmente em relação à produtividade e economia com fertilizantes minerais, especialmente, os nitrogenados (RAIJ, 1998). Entretanto, a aplicação desses materiais na agricultura ainda é observada com cautela pelos pesquisadores, devido à possível contaminação do solo com metais pesados, organismos patogênicos e compostos orgânicos persistentes.

O cultivo da mamoneira pode ser uma alternativa em potencial para o uso agrícola do lodo de esgoto, em virtude de não se enquadrar entre as culturas que, segundo o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA, Resolução N° 375, 2006), não podem receber qualquer classe de lodo de esgoto ou produto derivado, como é o caso das pastagens e

cultivo de olerícolas, dos tubérculos e raízes, das culturas inundadas, bem como as demais culturas cuja parte comestível entre em contato com o solo.

Por outro lado, a regulamentação de uma medida provisória que autorizou a partir de janeiro de 2006 a adição de 2% de biodiesel ao óleo diesel, uma demanda estimada em aproximadamente 1.000.000 de litros, o atual cenário econômico e os incentivos governamentais ao Programa Nacional de Produção de Biodiesel, fizeram com que essa oleaginosa retornasse ao cenário nacional como cultura de interesse na matriz energética.

O uso de população de plantas e o arranjo espacial mais adequado obtido pelo espaçamento entre linhas e pelo número de plantas por metro são aspectos de grande importância que vem sendo pesquisado para proporcionar maior produtividade da cultura. Não existe consenso em torno desses dois fatores, pois, outros como: variedades cultivadas, época de semeadura e fertilidade do solo, podem também ser determinantes para a baixa produtividade das lavouras de mamona no Brasil.

O presente trabalho teve como objetivo estudar o efeito da aplicação do lodo de esgoto na cultura da mamona. Dessa forma, o primeiro experimento envolveu o efeito da aplicação de níveis de lodo de esgoto aplicados como fonte de nitrogênio no sulco de semeadura e diferentes populações de plantas na nutrição e rendimento da mamoneira Híbrido Lyra, enquanto que o segundo envolveu o efeito do uso de níveis de lodo de esgoto e formas de aplicação no solo sobre a nutrição e crescimento inicial da mamoneira cultivar AL Guarany 2002.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Descrição e importância da cultura da mamona

A mamona (*Ricinus communis* L.) pertence à família Euforbiácea, que engloba vasto número de tipos de plantas nativas da região tropical. É uma planta de hábito arbustivo, com diversas colorações de caule, folhas e racemos, podendo ou não possuir cera no caule e pecíolo. O óleo da mamona, extraído pela prensagem das sementes, contém 90% de ácido graxo ricinoléico, o que confere ao mesmo características singulares, possibilitando ampla utilização industrial (SAVY FILHO, 2005).

A mamoneira é uma planta de elevada complexidade morfológica e fisiológica. Seu crescimento é diferenciado em cada ramo, dicotômico e heterogônico, com cachos de várias idades fisiológicas, desenvolvimento heteroblástico, metabolismo fotossintético C₃, ineficiente, com taxa fotossintética entre 18 e 27 mg CO₂ dm⁻² h⁻¹, elevada taxa de fotorrespiração e necessita de pelo menos 2900 graus dias⁻¹ de calor para chegar à maturidade (BELTRÃO et al., 2001).

Segundo Savy et al. (1999), a mamoneira não é, portanto, somente uma cultura rústica e freqüentemente secundária, mas, importante agronomicamente e com grande potencial industrial. Essa oleaginosa, além das vantagens sócio-econômicas que propicia, apresenta teor de óleo nas sementes (entre 47-48%) acima das demais (soja, amendoim, girassol), e cada hectare cultivado com a mamoneira absorve dez toneladas de gás carbônico.

Em vários países, a mamona é cultivada para a extração do óleo das suas sementes, cujo principal emprego se dá na lubrificação de motores de alta rotação, como é o caso dos motores de avião. O óleo de rícino é usado, também, como purgativo, na fabricação de tinta, verniz e plástico, enquanto a torta, subproduto da extração do óleo, é empregado como adubo orgânico, apresentando também efeito nematicida (ROCHA et al., 2003). O óleo também é utilizado na indústria de cosméticos e na indústria automotiva, sendo, neste último caso, como componente de polímeros ou como lubrificante para motores de alta rotação e carburante de motores a diesel e como fluido hidráulico em aeronaves (CHIERICE e CLARO NETO, 2001).

A produção mundial de mamona no período de 2000 a 2004 esteve em torno de um milhão de toneladas de grãos e cerca de 400 mil toneladas de óleo, sendo a Índia e a China os principais países produtores com cerca de 60% e 20% da produção mundial respectivamente.

O Brasil já foi um dos maiores produtores mundiais de mamona e maior exportador do óleo. Durante as últimas décadas a produção vem sofrendo forte queda, devido perdas de mercado no exterior. A produção agrícola declinou atingindo 96,8 mil toneladas de mamona em grãos no ano de 2003 e 37 mil toneladas de óleo em 2002. O Estado da Bahia é o maior produtor tanto em área quanto em produção, com participação em 90,81% da área colhida e em 87,22% da mamona em grão (SAVY FILHO, 2005).

No Estado de São Paulo, onde o setor agrícola é altamente tecnificado, a mamona surge como alternativa viável em função da elevada demanda pelo seu óleo (SAVY FILHO, 2005).

Diferentemente de outras culturas oleaginosas como a soja, girassol e amendoim, a mamona é uma cultura que não é destinada à alimentação humana, conseqüentemente, sob o ponto de vista comercial, não haveria concorrência com tal mercado,

sendo o único óleo na natureza solúvel em álcool (FREIRE, 2001). Além da obtenção do óleo como produto principal da industrialização das sementes da mamoneira, outro subproduto, a torta de mamona, pode ser utilizada como adubo orgânico na restauração de terras esgotadas, por ser um excelente adubo orgânico, com teor médio de macronutrientes da ordem de 44,4, 18,0 e 14,0 g kg⁻¹ de N, P e K (FREIRE, 2001). Apesar de seu alto teor de proteínas (32-40%), a torta é um subproduto tóxico, raramente utilizada na alimentação animal. Há relatos de sua utilização na alimentação animal quando de sua detoxicação; no entanto, é um processo bastante complexo, sendo geralmente vendida pelas usinas de óleo como adubo orgânico. A haste, além de celulose própria para a fabricação de papel, fornece matéria-prima para a produção de tecidos grosseiros (SANTOS et al., 2001).

De acordo com Amaral (2003), para garantir retornos econômicos competitivos em relação a outras culturas, torna-se necessário o uso de tecnologias e o desenvolvimento de cultivares com características agronômicas desejáveis, como maior produtividade de grãos e altura de plantas que facilite a colheita mecanizada.

4.2 Uso agrícola do lodo de esgoto

Atualmente, um dos problemas ambientais observados em regiões metropolitanas e em cidades que possuem sistema de tratamento de esgoto sanitário é relativo ao destino dado aos lodos produzidos em Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs).

Vale ressaltar que a falta de aceitação pública da utilização de lodo, tanto por parte dos produtores quanto por parte dos consumidores finais dos produtos cultivados com o resíduo, pode ser um grande problema para a viabilidade da atividade. O lodo que sai das estações de tratamento normalmente apresenta aspecto visual e odor desagradável. Além disso, o repúdio existente a utilização de dejetos humanos como fertilizantes, inexistente para estercos de outros animais, pode prejudicar a aceitação e a comercialização de produtos que tenham sido cultivados utilizando lodo de esgoto.

Assim, uma etapa essencial para o sucesso da implantação do uso benéfico do lodo de esgoto em culturas agrícolas é a logística e controle da distribuição, em conjunto com uma campanha de conscientização séria, que respeite as individualidades de cada região e da população. As unidades geradoras de lodo devem desenvolver um adequado

sistema de gerenciamento que garanta que o material que sai das ETEs cheguem ao destino final e seja utilizado segundo as boas práticas de manejo e seguindo projeto elaborado por responsável técnico (BETTIOL e CAMARGO, 2006).

Entre as alternativas mais usuais para o aproveitamento ou disposição final do lodo de esgoto estão o descarte em aterros sanitários, incineração, a reutilização industrial, a disposição oceânica, o tratamento no solo – “landfarming”, a aplicação em reflorestamentos e recuperação de áreas degradadas e o uso agrícola (CAMARGO e BETTIOL, 2002). A crescente limitação de áreas disponíveis à construção de aterros sanitários, a proibição da disposição oceânica e os custos elevados dos processos de incineração tornam o uso do lodo de esgoto para fins agrícolas e florestais como uma das alternativas mais convenientes quanto aos aspectos ambiental e econômico. Além disso, o lodo é rico em matéria orgânica e fornecedor dos macronutrientes como o nitrogênio (N) e fósforo (P), e dos micronutrientes como zinco (Zn), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e molibdênio (Mo) para as plantas, sendo sua aplicação amplamente recomendada como condicionador de solo ou como fertilizante (CAMARGO e BETTIOL, 2002).

A disposição de esgotos na agricultura é uma prática antiga, que se iniciou na China. O potencial do uso agrícola do lodo de esgoto como fertilizante já vinha sendo estudado nos Estados Unidos desde o ano de 1925, em diversas culturas agrícolas (KIRKHAN, 1982). No Brasil, o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) estabeleceu legislação específica (Resolução N^o 375, 2006) que define os critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodo de esgoto gerados em estações de tratamentos de esgoto sanitário (ETEs) e seus produtos derivados. Segundo esta resolução, para o uso agrícola do lodo de esgoto devem ser respeitadas as concentrações máximas de substâncias inorgânicas permitidas ($Ba < 41 \text{ mg kg}^{-1}$, $Cd < 39 \text{ mg kg}^{-1}$, $Pb < 300 \text{ mg kg}^{-1}$, $Cu < 1500 \text{ mg kg}^{-1}$, $Ni < 39 \text{ mg kg}^{-1}$). É proibido também a utilização de qualquer classe de lodo de esgoto (Tipo A ou Tipo B) ou produto derivado em pastagens e cultivo de olerícolas, tubérculos e raízes, e culturas inundadas, bem como as demais culturas cuja parte comestível entre em contato com o solo. Sua composição varia em função do local de origem, ou seja, se de uma área tipicamente residencial ou industrial, da época do ano e do processo utilizado (MELO e MARQUES, 2000).

Inegavelmente, o potencial agronômico do uso de resíduos como o lodo de esgoto está fundamentado basicamente nos elevados teores de carbono orgânico presentes na sua composição. Aumentar o teor de C-Orgânico de um solo, pode significar melhorias nas suas propriedades físicas, químicas e biológicas (OLIVEIRA, 2000).

Os incrementos e a conservação nos teores de C-Orgânico dos solos, em decorrência da disposição de resíduos de natureza orgânica, são devidos às taxas de degradação dos resíduos. Dessa forma, é provável que exista diferenças entre o comportamento desses resíduos quando dispostos em solos de regiões de clima temperado e tropical (OLIVEIRA, 2000). Para solos em ambientes de clima temperado, esses incrementos nos teores de C-Orgânico são possíveis em função das condições ambientais (GIUSQUIANI et al., 1995; LOGAN et al., 1997)

Quando são considerados os solos de regiões de clima tropical, devido às condições de temperatura, os resíduos orgânicos podem apresentar maiores taxas de degradação e efeitos temporários são observados (OLIVEIRA, 2000).

Melo et al. (2001) aplicaram quantidades de lodo de esgoto anaeróbio de 0, 4, 8, 16 e 32 Mg ha⁻¹ (com 39,3% de água) a um Latossolo Vermelho escuro distrófico e observaram que até os 77 dias após a aplicação do lodo todos os tratamentos diferiram em relação à testemunha quanto aos teores de C-Orgânico. Desse momento até os 230 dias após a aplicação, apenas o tratamento que recebeu 32 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto foi superior à testemunha. De acordo com os autores, isto significa que o C-Orgânico adicionado com o lodo foi rapidamente degradado, apresentando um tempo de residência no solo muito curto. Este fato foi observado por Silva (1995), o qual não detectou nenhum acréscimo significativo do C-Orgânico no solo após 146 dias da aplicação de 20 e 40 Mg ha⁻¹ (62% de água) de lodo de esgoto anaeróbio num Podzólico Vermelho amarelo.

No entanto, há trabalhos demonstrando que, em casos de maiores taxas de aplicações de lodo de esgoto em solos tropicais, pode ocorrer um acréscimo nos teores de carbono orgânico do solo (MARQUES, 1996). O autor verificou que mesmo após um ano da aplicação de lodo de esgoto nas quantidades de 0, 40, 80 e 160 Mg ha⁻¹ (com 74% de água) ocorreram um efeito crescente e linear sobre os teores de C-Orgânico de um Latossolo Vermelho escuro.

Segundo Raij (1998) os benefícios da aplicação do lodo de esgoto devem ser equivalentes ou superiores aos alcançados com a adubação mineral, principalmente em relação à produtividade e economia com fertilizantes, sobretudo, os nitrogenados.

A aplicação de resíduos em solos agrícolas pode alterar de forma significativa a dinâmica de nitrogênio (N) no sistema (ANDRADE e MATTIAZZO, 2000; OLIVEIRA, 2000; FONSECA, 2001; SIMONETE et al., 2003; SHI et al., 2004), principalmente quando se pretende fornecer este nutriente via lodo de esgoto.

O nitrogênio pode estar presente em formas orgânicas (N-Orgânico) e/ou inorgânicas (N-Inorgânico) nos resíduos orgânicos passíveis de uso agrícola, sendo esse aspecto de suma importância quando se considera a dinâmica do elemento no solo, bem como sua taxa de eficiência na adubação das plantas (BRADY e WEIL, 2002).

Resíduos como o lodo de esgoto por conter predominantemente N-Orgânico, devem ser mineralizados para serem aproveitados pelas plantas. O processo de mineralização envolve a passagem do N-Orgânico para N-Inorgânico e isso é feito por uma série de microrganismos quimiorganotróficos presentes no solo (VICTORIA et al., 1992).

O manejo da adubação nitrogenada deve fornecer ao mesmo tempo uma adequada disponibilidade de nitrogênio no solo e a absorção pela cultura, evitando, deste modo, perdas por lixiviação de NO_3^- . A aplicação de quantidades criteriosamente definidas do resíduo (CETESB, 1999) e o parcelamento na aplicação, levando em consideração a marcha de absorção de nitrogênio da cultura (MENGEL e KIRKBY, 1987; MARTENS, 2001), contribui para o uso eficiente como fonte de N e torna-se ambientalmente seguro. Outro processo que deve ser considerado quando da aplicação de resíduos no solo é a imobilização, contrário a mineralização, uma vez que a imobilização temporária de parte do nitrogênio pode ser benéfica, evitando perdas para o ambiente. Nesse sentido o conhecimento da relação C/N de resíduos orgânicos é um importante parâmetro na previsão da mineralização e na disponibilização de N. No caso de resíduos com relações C/N inferiores a 25-30, estes tendem a se degradar rapidamente, disponibilizando elevadas quantidades de N, superando a capacidade de absorção pelas plantas e favorecendo a lixiviação no perfil (BRADY e WEIL, 2002). No entanto, a utilização de resíduos orgânicos de origem não agrícola com relação C/N baixa, pode ser considerado como um material facilmente biodegradável após sua aplicação no solo, pois resíduos previamente decompostos apresentam valores de relação C/N próximo de

10-12, que são valores médios da biomassa dos microrganismos decompositores (BRADY e WEIL, 2002).

Com relação ao ponto de vista nutricional, o lodo de esgoto pode não ser um material balanceado. O K é um nutriente que sempre apresenta teores baixos na composição do lodo, pois é muito solúvel e se perde com o efluente, sem ficar retido em sua massa orgânica. Apesar do lodo de esgoto, geralmente, ser rico em matéria orgânica, N, P, Ca e micronutrientes, a proporção entre os nutrientes pode não ser a adequada para determinadas culturas. Como um dos critérios para calcular a dose ótima de aplicação é a relação entre a quantidade de N recomendada para a cultura e a quantidade de N disponível no lodo (CETESB, 1999), lodos com elevados teores de N podem levar a baixas doses de aplicação e a diminuição do potencial de utilização de outros nutrientes. Além disso, a competição por sítios de absorção e/ou reações entre as formas iônicas dos elementos podem diminuir a absorção de alguns pelas plantas.

Desse modo, em certos casos, torna-se necessária uma complementação com fertilizantes minerais para melhorar a fertilidade dos solos e a nutrição das plantas. O balanceamento do lodo de esgoto com fertilizantes minerais deve ser específico para determinada cultura, local de aplicação e tipo de lodo de esgoto (CETESB, 1999).

A presença de poluentes como os metais pesados, que é uma das maiores preocupações durante o desenvolvimento das pesquisas sobre o uso do lodo de esgoto está, em geral, associada à ocorrência de despejos industriais no esgoto.

Lourenço et al. (1996) verificaram que a aplicação de lodo de esgoto alcalino gerado em sistema de tratamento aeróbio de esgoto urbano pela ETE-Belém, de Curitiba, aumentou a produtividade de feijão e milho em sistema de bracinga e apresentou efeito residual para as culturas subsequentes. Para as culturas do feijão e do milho, a produtividade máxima foi atingida com 52,5 Mg ha⁻¹ e 66 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto, respectivamente. Biscaia e Miranda (1996), avaliando a aplicação deste mesmo lodo de esgoto na cultura do milho, obtiveram produtividades superiores a 5000 kg ha⁻¹, sendo que a produtividade máxima foi atingida com a quantidade aplicada de 60 Mg ha⁻¹. Deschamps e Favaretto (1997) observaram que a aplicação de lodo de esgoto promoveu um maior crescimento de feijão e girassol, que apresentaram produtividades equivalentes aos tratamentos com fertilização mineral. Segundo Andreoli e Pegorini (2000), os cereais estão

entre as culturas que oferecem os melhores resultados quando da adição de lodo de esgoto. Além disso, os cereais se destacam pela segurança em relação à não contaminação das partes a serem consumidas, considerando que não é recomendado para olerícolas e outras culturas de contato primário.

No Estado de São Paulo, os estudos estão sendo realizados principalmente com lodos de esgotos gerados em sistema de tratamento anaeróbio ativado de esgoto urbano provenientes das Estações de Tratamento de Esgotos de Franca e Barueri. Bettioli et al. (1983) em experimento conduzido em condições controladas, em um latossolo, verificaram que as culturas de milho, arroz e soja, tratados com 9 Mg ha⁻¹ em base seca de lodo de esgoto da ETE de Barueri, apresentaram produções de massa seca equivalentes às obtidas com a fertilização mineral. Silva et al. (1998) observaram maior produtividade de colmos e de açúcar em cana-soca fertilizadas com lodo de esgoto proveniente da ETE-Barueri. Melo et al. (2003) mesmo não obtendo maior produtividade de milho em relação à fertilização mineral, após 3 anos de aplicação de 2,5 a 10 Mg ha⁻¹ base seca de lodo de esgoto em dois Latossolos, concluíram que sua aplicação foi viável por diminuir os gastos com fertilizantes minerais. Martins et al. (2003) também observaram que a aplicação de lodo de esgoto da ETE Vila Leopoldina, SP, durante quatro anos em Latossolo, aumentou a produtividade e a absorção de Zn, Fe e Mn pelo milho, principalmente quando a aplicação foi parcelada, mas estes micronutrientes mantiveram-se dentro dos níveis adequados.

No Distrito Federal, pesquisas têm sido realizadas com o lodo de esgoto gerado do tratamento de esgoto urbano da Companhia de Águas e Esgoto de Brasília (CAESB). Ao aplicarem lodo de esgoto úmido nas quantidades de 54 a 216 Mg ha⁻¹ em um Latossolo do cerrado, Silva et al. (2002), constataram que o resíduo foi 25% mais eficiente no fornecimento de fósforo que o superfosfato triplo e apresentou efeito residual durante 3 anos para o cultivo do milho, sendo a maior produtividade, que foi de 6289 kg ha⁻¹ de grãos, atingida com a dose de 189 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto.

Segundo Silva e Lemainski (2003), a aplicação de quantidades entre 7,5 a 45 Mg ha⁻¹ deste mesmo lodo de esgoto em condições de campo em Latossolo de cerrado, não alterou de forma significativa o teor de metais pesados, o número de ovos viáveis de helmintos após 64 dias e manteve as produtividades de milho e soja equivalentes às obtidas com fertilização mineral, com produtividades de 7600 kg ha⁻¹ e 3500 kg ha⁻¹ para a cultura do

milho e da soja nas quantidades de 35,6 Mg ha⁻¹ e 29 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto, respectivamente. Os resultados obtidos destes estudos indicam que a utilização de lodo de esgoto como substitutos parciais de fertilização mineral e, em alguns casos, da calagem, promoveram melhor desenvolvimento e aumento de produtividade das diferentes culturas. Contudo, devido à variação em sua composição química e o alto teor de água do lodo de esgoto dificulta a padronização das quantidades a serem adicionadas ao solo e torna necessária a avaliação de fatores limitantes para que as utilizações na agricultura sejam feitas segundo parâmetros técnicos e de forma segura para a saúde pública e ao ambiente.

Embora em quantidades ainda insuficientes, várias pesquisas conduzidas no país evidenciam que o lodo é um resíduo com potencial de uso agrícola. Para a cultura do milho no cerrado brasileiro, Silva et al. (2000) demonstraram que o lodo de esgoto, gerado pela CAESB em Brasília, DF, apresenta potencial para substituição dos fertilizantes minerais. Melo e Marques (2000) apresentam informações sobre o fornecimento de nutrientes pelo lodo de esgoto para as seguintes culturas: cana-de-açúcar, milho e azevém. Existem ainda, informações do aproveitamento do lodo de esgoto para arroz, aveia, trigo, pastagens, feijão, soja, girassol, café e pêssego entre outras culturas (BETTIOL e CAMARGO, 2006).

A utilização de lodos de esgoto na agricultura permite o aproveitamento dos elementos nutritivos e compostos orgânicos nele contidos pelas plantas. Outro benefício destes é melhorar as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo e diminuir o consumo de fertilizantes inorgânicos (BETTIOL e CAMARGO, 2000; MELO et al., 2001; MELFI et al., 2001; TSUTIYA et al., 2001; NASCIMENTO et al., 2004a).

Efeitos do lodo de esgoto atuando na correção da acidez do solo, elevando o pH e neutralizando o Al tóxico foram constatados em trabalhos conduzidos por Mazur et al. (1983), Oliveira (1995), Berton et al. (1997), Silva et al. (1998), Carmo et al. (2000), Melo e Marques (2000) e Tsutiya et al. (2001).

Apesar disso, o uso agrícola do lodo de esgoto ainda é limitado em escala comercial, mesmo com resultados positivos de pesquisas relativos à produtividade, obtido em estados como Paraná, Distrito Federal e São Paulo (VANZO et al., 2001). Este fato pode ser atribuído em parte à presença ou não de metais pesados, compostos tóxicos, de patógenos e ao seu potencial de salinização ou acidificação do solo. Porém, quando isento de tais problemas, a aplicação de lodo de esgoto em solos normalmente leva em consideração o

fornecimento de nitrogênio e de fósforo, por serem os elementos encontrados em maior quantidade no lodo de esgoto e por serem os principais poluentes de águas.

4.3 População de plantas

O arranjo populacional de plantas é um dos aspectos do manejo cultural da mamoneira que deve ser levado em consideração quando se pretende obter bons rendimentos e o retorno do capital investido. O arranjo é definido como sendo o padrão de distribuição de plantas de uma cultura no solo. Determina, portanto, a forma geométrica da área disponível por planta na cultura. Assim, por exemplo, em uma lavoura de mamona cultivada no espaçamento de 1,0 m x 1,0 m, com uma planta por cova, sua população teórica será de 10 mil plantas por hectare e o arranjo quadrangular. A forma geométrica da área disponível para cada planta é um quadrado de um metro de lado. Para outra lavoura semeada no espaçamento 2,0 m x 0,50 m com uma planta por cova, a população efetiva também é 10 mil plantas por hectare. O arranjo de plantas é retangular, ou seja, a área disponível para uma planta é um retângulo de 2,0 m x 0,50 m de dimensões. Conclui-se, então, que a área disponível para cada planta, em ambos os casos, é de $1,0\text{m}^2$ e as lavouras possuem 10 mil plantas por hectare, mas diferindo, no entanto, no arranjo espacial, sendo um quadrado e o outro retangular.

A escolha de um determinado arranjo espacial de uma cultura dependerá do interesse do produtor em cultivá-las consorciadas ou não, da necessidade do uso de máquinas e/ou implementos agrícolas para o controle de pragas, doenças e plantas daninhas. Para a mamoneira, a população ótima é variável e depende do porte das plantas, da disponibilidade de água, da fertilidade do solo e da necessidade do uso de máquinas utilizadas nos tratamentos culturais (AZEVEDO et al., 2001).

As pesquisas com espaçamentos da mamoneira tiveram início no Estado de São Paulo no ano de 1954 (CANECHIO FILHO, 1954), com os trabalhos desenvolvidos pelo IAC e o lançamento de planos de trabalho com nutrição e adubação desta espécie. Naquele ano foram iniciados ensaios de competição e adubação de cultivares de porte alto e anão, destacando-se, em termos de produtividade e teores de óleo nas sementes, os genótipos Zanzibar e Sanguínea.

No Estado de São Paulo, Canecchio Filho e Freire (1959), estudaram o efeito de espaçamento (1,50m x 1,20m; 1,0m x 0,90m; 1,0m x 0,45m) e doses de fósforo (0; 60 e 120 kg ha⁻¹) e de potássio (0; 30 e 60 kg ha⁻¹) no rendimento da mamoneira de porte anão em várias localidades. Concluíram que, em condições favoráveis de chuvas, as produtividades foram menores com a diminuição da população de plantas e que, nos espaçamentos mais estreitos, isto é, nas maiores populações, foram obtidos os maiores rendimentos de mamona em baga. Segundo Canecchio Filho (1954), analisando conjuntamente 16 ensaios com a mamoneira de porte anão IAC 38, no Estado de São Paulo, o espaçamento para maior rendimento da mamoneira seria de 1,0 m x 0,50 m. Trabalhando com o mesmo material, Rocha e Canecchio Filho (1964) obteve rendimentos de 2119 kg ha⁻¹ e 2038 kg ha⁻¹ com populações de 10000 plantas (1,0 m x 1,0 m) e 13334 plantas (1,5 m x 0,5 m) por hectare, respectivamente. Mais recentemente, Maciel et al. (2006) estudando o híbrido Íris em espaçamentos de 0,50 m x 0,50 m e 0,50 m x 1,0 m em Latossolo Vermelho de Paraguaçu Paulista, SP, obtiveram maior produtividade da mamoneira com a população de 20000 plantas ha⁻¹.

Savy Filho (2005) recomenda para as condições de lavoura mecanizada, mesmo para cultivares de porte baixo, que a população de plantas deve variar entre 9.259 a 15.625 plantas por hectare para preservar a sanidade da lavoura.

Pesquisas realizadas no semi-árido do nordeste evidenciam que, para a mamoneira de porte médio, a população de plantas ideal deverá estar na faixa de 5 mil plantas por hectare. Em Irecê, BA, no ano de 1993, foram avaliados cinco níveis populacionais dessa oleaginosa, e concluiu-se que a maior produtividade (1.506 kg ha⁻¹) de mamona em grãos foi obtido na população de 2500 plantas por hectare (2,0 m x 2,0 m) (AZEVEDO et al., 1997a). Para condições de maior disponibilidade de água no solo em ensaio conduzido em Monteiro, PB, em 1991, Azevedo et al. (1997b) obtiveram maior rendimento para a mamoneira de porte médio com níveis populacionais mais elevados (5 mil plantas ha⁻¹).

Estudando a cultivar BRS 149 Nordestina, em Quixeramobim, CE, Severino et al. (2006c) testaram quatro níveis populacionais, obtendo a maior produtividade com a população de 5000 plantas por hectare (2,0 m x 1,0 m). Observaram também que a alteração do espaçamento entre linhas não influenciaram a altura de plantas e o teor de óleo das sementes. Gondim et al. (2006) avaliaram o genótipo CSRN-142 proveniente da Costa

Rica, em Missão Velha, CE, e observaram que a produtividade máxima foi obtida com a população de plantas de 45.045 plantas ha⁻¹ (0,60 m x 0,37 m).

Azevedo et al. (2006), com o objetivo de investigar o efeito de arranjos de plantas no desempenho da mamoneira cultivar SIPEAL 28, em solo Bruno Não Cálculo do município de Monteiro (PB), concluíram que a variação do arranjo espacial e a presença de duas plantas por cova não alteraram significativamente os componentes da produção nem no rendimento da mamona em grãos.

Segundo Azevedo et al. (2001) examinando vários trabalhos sobre população de plantas, citam que a disponibilidade de água pode ser considerada como o principal fator para a definição da população ideal de plantas de mamoneira, ficando em segundo plano os aspectos relacionados à fertilidade do solo e os outros fatores ligados ao clima. Para aumentar a população de plantas, é necessário observar alguns fatores como o material genético a ser utilizado, o nível de fertilidade, a umidade do solo e o grau de tecnologia a ser usado. A utilização de híbridos de ciclo curto, de porte baixo e que produzem pouca massa, são indicados para semeadura com espaçamentos dentro da área pelo menor desenvolvimento vegetativo, necessitando portanto um maior número de plantas por área para obtenção de produtividade significativa.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Experimento 1: Efeito de doses de lodo de esgoto (LE) e populações de plantas de mamoneira, Híbrido Lyra, na nutrição e componentes de produção da cultura

5.1.1 Localização da área experimental e caracterização do solo

O experimento foi desenvolvido durante o ano agrícola de 2004/2005, na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agrônômicas-FCA, Campus de Botucatu/UNESP, localizada no município de Botucatu, São Paulo, na latitude de 22° 51' 15''S, longitude de 48° 26' 30''W e altitude de 740m. O clima da região é do tipo Cwa (Classificação de Köppen) tropical de altitude, com inverno seco e verão quente e chuvoso. A área experimental escolhida era cultivada consecutivamente com milho no período de safra e triticales na safrinha.

O trabalho foi implantado em solo classificado como Terra Roxa Estruturada (CARVALHO et al., 1983). De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de solos (EMBRAPA, 1999) é denominado de NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico. As

principais características químicas do solo, determinadas de acordo com metodologia descrita por Raij et al. (2001), antes da instalação do experimento são apresentadas na Tabela 1. Foram amostrados 20 pontos aleatórios da área nas profundidades de 0 a 5, 5 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm com a utilização de um enxadão para fazer a trincheira, medindo-se posteriormente com o auxílio de uma régua graduada a camada de solo a ser coletada, obtendo-se assim, uma amostra composta do solo.

Tabela 1. Análise química inicial do solo nas varias profundidades de amostragem. Botucatu-SP, 2005.

Profundidade (cm)	pH	M.O.	P _{resina}	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----mmol _c dm ⁻³ -----						
0-5	5,4	26	72	31	6,2	43	25	74	105	71
5-10	5,3	25	40	34	5,5	37	20	63	97	65
10-20	5,2	25	19	34	2,2	29	14	46	80	57
20-40	5,2	26	38	34	2,8	36	22	61	95	64
		B	Cu	Fe	Mn	Zn				
		-----mg dm ⁻³ -----								
0-5		0,32	9,4	16	28	2,4				
5-10		0,26	9,3	16	27	2,0				
10-20		0,31	6,4	14	18	1,2				
20-40		0,26	9,3	17	27	1,9				

5.1.2 Delineamento experimental e descrição dos tratamentos

O experimento foi instalado em blocos ao acaso com esquema fatorial 5 x 4 e três repetições. O primeiro fator correspondeu a aplicações de cinco doses de lodo de esgoto (base úmida), equivalentes a 0, 3, 6, 12 e 24 Mg ha⁻¹ (0, 30, 60, 120 e 240 kg ha⁻¹ de N). O segundo fator correspondeu a quatro populações de plantas, correspondentes a 6.666 (2,0 m x 1,5 m), 10.000 (2,0 m x 1,0 m), 13.333 (1,5 m x 1,0 m) e 20.000 (1,0 m x 1,0 m) plantas por hectare, com duas plantas por cova.

Os tratamentos foram:

- T₁** - mamona não fertilizada com N via LE, população de 6.666 plantas ha⁻¹;
- T₂** - mamona fertilizada com 30 kg ha⁻¹ de N via LE (3 Mg ha⁻¹ de LE como fonte de N), população de 6.666 plantas ha⁻¹;
- T₃** - mamona fertilizada com 60 kg ha⁻¹ de N via LE (6 Mg ha⁻¹ de LE como fonte de N), população de 6.666 plantas ha⁻¹;
- T₄** - mamona fertilizada com 120 kg ha⁻¹ de N via LE (12 Mg ha⁻¹ de LE como fonte de N), população de 6.666 plantas ha⁻¹;
- T₅** - mamona fertilizada com 240 kg ha⁻¹ de N via LE (24 Mg ha⁻¹ de LE como fonte de N), população de 6.666 plantas ha⁻¹;
- T₆** - mamona não fertilizada com N via LE, população de 10.000 plantas ha⁻¹;
- T₇** - mamona fertilizada com 30 kg ha⁻¹ de N via LE (3 Mg ha⁻¹ de LE como fonte de N), população de 10.000 plantas ha⁻¹;
- T₈** - mamona fertilizada com 60 kg ha⁻¹ de N via LE (6 Mg ha⁻¹ de LE como fonte de N), população de 10.000 plantas ha⁻¹;
- T₉** - mamona fertilizada com 120 kg ha⁻¹ de N via LE (12 Mg ha⁻¹ de LE como fonte de N), população de 10.000 plantas ha⁻¹;
- T₁₀** - mamona fertilizada com 240 kg ha⁻¹ de N via LE (24 Mg ha⁻¹ de LE como fonte de N), população de 10.000 plantas ha⁻¹;
- T₁₁** - mamona não fertilizada com N via LE, população de 13.333 plantas ha⁻¹;
- T₁₂** - mamona fertilizada com 30 kg ha⁻¹ de N via LE (3 Mg ha⁻¹ de LE como fonte de N), população de 13.333 plantas ha⁻¹ ;
- T₁₃** - mamona fertilizada com 60 kg ha⁻¹ de N via LE (6 Mg ha⁻¹ de LE como fonte de N), população de 13.333 plantas ha⁻¹;
- T₁₄** - mamona fertilizada com 120 kg ha⁻¹ de N via LE (12 Mg ha⁻¹ de LE como fonte de N), população de 13.333 plantas ha⁻¹;
- T₁₅** - mamona fertilizada com 240 kg ha⁻¹ de N via LE (24 Mg ha⁻¹ de LE como fonte de N), população de 13.333 plantas ha⁻¹;
- T₁₆** - mamona não fertilizada com N via LE, população de 20.000 plantas ha⁻¹;
- T₁₇** - mamona fertilizada com 30 kg ha⁻¹ de N via LE (3 Mg ha⁻¹ de LE como fonte de N), população de 20.000 plantas ha⁻¹;

- T₁₈** - mamona fertilizada com 60 kg ha⁻¹ de N via LE (6 Mg ha⁻¹ de LE como fonte de N), população de 20.000 plantas ha⁻¹;
- T₁₉** - mamona fertilizada com 120 kg ha⁻¹ de N via LE (12 Mg ha⁻¹ de LE como fonte de N), população de 20.000 plantas ha⁻¹;
- T₂₀** - mamona fertilizada com 240 kg ha⁻¹ de N via LE (24 Mg ha⁻¹ de LE como fonte de N), população de 20.000 plantas ha⁻¹.

As quantidades de lodo de esgoto foram calculadas considerando-se a necessidade da cultura em N (SAVY FILHO, 1997) e a taxa de mineralização do nitrogênio (TMN) de 30%, conforme recomendado pela Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 1999). A dose recomendada de N, considerada adequada com base na análise química de solo para a cultura da mamoneira foi de 60 kg ha⁻¹ de N.

$$\text{Dose}_{\text{resíduo}} = N_{\text{cultura}}/N_{\text{disponível}}$$

$$N_{\text{disponível}} = (\text{TMN}/100) \text{ NT}$$

em que: $N_{\text{disponível}}$ = N disponível do resíduo, em kg t⁻¹ (base seca);

TMN = taxa de mineralização de nitrogênio, em % ou g 100g⁻¹ (base seca);

NT = concentração total de N no resíduo, em g kg⁻¹ (base seca);

$\text{Dose}_{\text{resíduo}}$ = dose do resíduo baseada na necessidade da cultura em N e na TMN do resíduo, em t ha⁻¹ (base seca);

N_{cultura} = necessidade de N pela cultura ou N recomendado para a cultura, em kg ha⁻¹.

5.1.3 Origem e caracterização química do lodo de esgoto

O lodo de esgoto utilizado foi gerado pela Companhia de Saneamento de Jundiaí, que gerencia a Estação de Tratamento de Esgotos da SABESP de Jundiaí, SP, que é proveniente do tratamento de esgotos predominantemente domiciliares, por meio de lagoas aeradas de mistura completa, seguidas de lagoas de decantação. O lodo de esgoto é retirado do

fundo das lagoas de decantação com aproximadamente 1 ano de residência e apresentando em torno de 2% de sólidos. Após o condicionamento químico com polímero sintético catiônico e centrifugação mecânica, este apresenta em torno de 18~20 % de sólidos. Esse lodo é seco em leitos de secagem ao ar livre, somente protegido contra chuvas, em que, durante 120 dias, promove-se o revolvimento periódico das leiras. Obtém-se, dessa forma, um material com cerca de 40% de sólidos e com uma redução de patógenos.

As principais características químicas do lodo de esgoto (Base Úmida), determinadas de acordo com metodologia descrita por LANARV (1988), são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Características químicas do lodo de esgoto (LE) utilizado no experimento. Botucatu-SP, 2004.

N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MO	Ca	Mg	S
----- g kg ⁻¹ -----						
18,5	15,1	1,6	360	11	1,8	14,4
Umidade	pH	Na	Cu	Fe	Mn	
----- mg kg ⁻¹ -----						
%	4,10	1120	978	23100	646	

5.1.4 Instalação e condução do experimento

Foram realizadas duas aplicações do herbicida glifosato visando controlar as ervas daninhas, aplicações essas executadas no mês de novembro. Após a dessecação da área, foi realizado o sulcamento e dimensionadas as parcelas com 6 m de largura por 6 m (36m²) e 9 m (54m²) de comprimento em três blocos. As parcelas experimentais foram de 36 m² (área útil de 16 m²) para as populações de 10.000, 13.333 e 20.000 plantas e de 54 m² (área útil de 24 m²) para a população de 6.666 plantas por hectare.

Os tratamentos não receberam calagem, visto que os valores de V% do solo estavam dentro do recomendado para a cultura da mamona (RAIJ et al., 1997). A saturação por bases (V%) recomendada para a cultura é de 60%.

O lodo de esgoto foi aplicado manualmente no sulco, antes da semeadura da mamona e recoberto com uma camada de solo para posterior semeadura.

A adubação de sementeira para N, P e K foi realizada de acordo com a análise de solo (Tabela 1) e baseada nas recomendações feitas por Savy Filho (1997). Todo o N, P e K, nas quantidades de 15 kg ha⁻¹ de N (Uréia), 40 kg ha⁻¹ P₂O₅ (Superfosfato simples) e 20 kg ha⁻¹ K₂O (Cloreto de potássio), foram colocados no sulco de sementeira, abaixo e ao lado das sementes. A sementeira manual da mamona foi realizada em 13 de dezembro de 2004, a uma profundidade de aproximadamente 4 cm. Foram utilizadas quatro sementes por cova e, após 30 dias, foi realizado o desbaste, permanecendo duas plantas por cova. O controle de plantas daninhas, após 30 dias da emergência, foi realizado através de capinas manuais.

O híbrido de mamona utilizado foi o “Lyra”, recomendado como cultura de “safrinha” em população de 50.000 plantas por hectare, que apresenta frutos indeiscentes, floração aos 36 dias, altura média de 1,60 m, ciclo vegetativo de aproximadamente 180 dias e produção média de 1600 kg ha⁻¹ (SAVY FILHO, 2005).

5.1.5 Características avaliadas

5.1.5.1 Altura média de plantas

A altura foi medida ao final do ciclo da cultura, em cinco plantas tomadas ao acaso na área útil de cada parcela, desde a superfície do solo até o ápice do ramo mais alto.

5.1.5.2 Porcentagem de grãos nos frutos

Foram utilizadas amostras de 200g de frutos (grãos+cascas) dos cachos primários de cada parcela. Em seguida, foram separados os grãos das cascas, pesados e expressos em porcentagem de grãos nos frutos.

5.1.5.3 Diagnose foliar

Por ocasião do florescimento, entre 45 e 55 dias da sementeira, foi realizada a amostragem foliar para avaliação do estado nutricional das plantas. De cada

parcela foram colhidas, de forma aleatória, a 4ª folha a partir do ápice de oito plantas localizadas na área útil da parcela (MALAVOLTA et al., 1997). As folhas foram destacadas manualmente e acondicionadas em sacos de papel perfurados, devidamente identificados e levadas ao laboratório.

No laboratório as amostras foram lavadas com água e, colocadas em bacias com detergente neutro e água; em seguida foram novamente lavadas com água e acondicionadas em bacias com água deionizada; depois, foram colocadas sobre papel absorvente, de modo a se retirar o excesso de água. Em seguida, foram colocadas em sacos de papel perfurados para secagem em estufa de circulação forçada de ar com temperatura de 60° C durante 48 horas. Após a secagem, foi feita a separação dos limbos e pecíolos e feita a moagem dos limbos em moinho, para determinação dos teores de nutrientes.

Foram determinados os teores de N, P, K, Ca, Mg, B, Cu, Mn e Zn, conforme metodologia descrita por Malavolta et al. (1997).

5.1.5.4 Teor de nutrientes nos grãos

Foram retiradas amostras de grãos de cada tratamento, que foram posteriormente lavadas com água deionizada e secas em estufa de circulação forçada a 60°C, por 48 horas, até atingir peso constante. Foram determinados nos grãos os teores de N, P, K, Ca, Mg, B, Cu, Mn e Zn, conforme metodologia descrita por Malavolta et al. (1997).

5.1.5.5 Produtividade de frutos

O peso total de frutos (casca + grãos) de mamona colhidos na área útil de cada parcela foi obtido em balança de precisão e o resultado transformado em quilogramas por hectare.

Devido à alta heterogeneidade resultante dos tratamentos empregados, algumas plantas emitiram apenas um cacho. Dessa forma, optou-se em todos os tratamentos, avaliar separadamente a produtividade de frutos dos cachos primários e a produtividade total (cacho primário + demais).

5.1.5.6 Produtividade de grãos

A produtividade de grãos em cada parcela foi estimada a partir do peso de frutos por planta, utilizando-se a relação casca/grãos dos frutos de cada tratamento. Contou-se o estande de plantas dentro da área útil de cada parcela e utilizou-se esse fator para corrigir a produtividade.

5.1.5.7 Teor de óleo nos grãos

Foi determinado através do método químico Soxhlet, sendo utilizadas amostras de 15 a 20 grãos para somar 20 g de cada parcela obtida do cacho primário. Em seguida, as amostras foram maceradas e depois colocadas em cartuchos de papel filtro padronizados para serem levadas a estufa de circulação a 60°C por um período de 12 horas. Depois de secas, foram pesadas e colocadas em extrator (Hexano) por um período de 7 horas para extração do óleo. As amostras foram retiradas do extrator e colocadas novamente em estufa de circulação por 12 horas, quando foram pesadas novamente. O teor de óleo (%) de cada amostra foi determinado pela diferença de peso das amostras antes e depois da extração.

5.1.5.8 Produtividade de óleo

A produtividade de óleo por tratamento foi obtida multiplicando-se a produtividade de grãos da mamoneira pelo teor de óleo (%).

5.1.6 Temperatura e precipitação pluviométrica

Nas Figuras 1 e 2 são apresentados os dados de precipitação e temperaturas máximas e mínimas obtidas junto ao Departamento de Recursos Naturais/Área de Ciências Ambientais, FCA/UNESP, para o período de condução do experimento.

Se for considerado os meses de dezembro de 2004 a junho de 2005, a precipitação total foi de 992,9 mm. Gonçalves et al. (2005) citam que o mínimo de precipitação necessária para o ciclo de crescimento da mamona está entre 650 a 800 mm durante o ano, com um ótimo entre 700 e 1400 mm. A precipitação ocorrida na área experimental situou-se entre os valores ótimos para o ciclo da cultura, desse modo não limitou seu desenvolvimento.

A temperatura ideal para o crescimento e maturação varia de 20 a 30°C, com um ótimo em torno de 23°C (GONÇALVES et al., 2005). A temperatura média mensal durante o ciclo de crescimento e desenvolvimento da cultura na área experimental variou entre 15,97 e 22,05 °C (Figura 2).

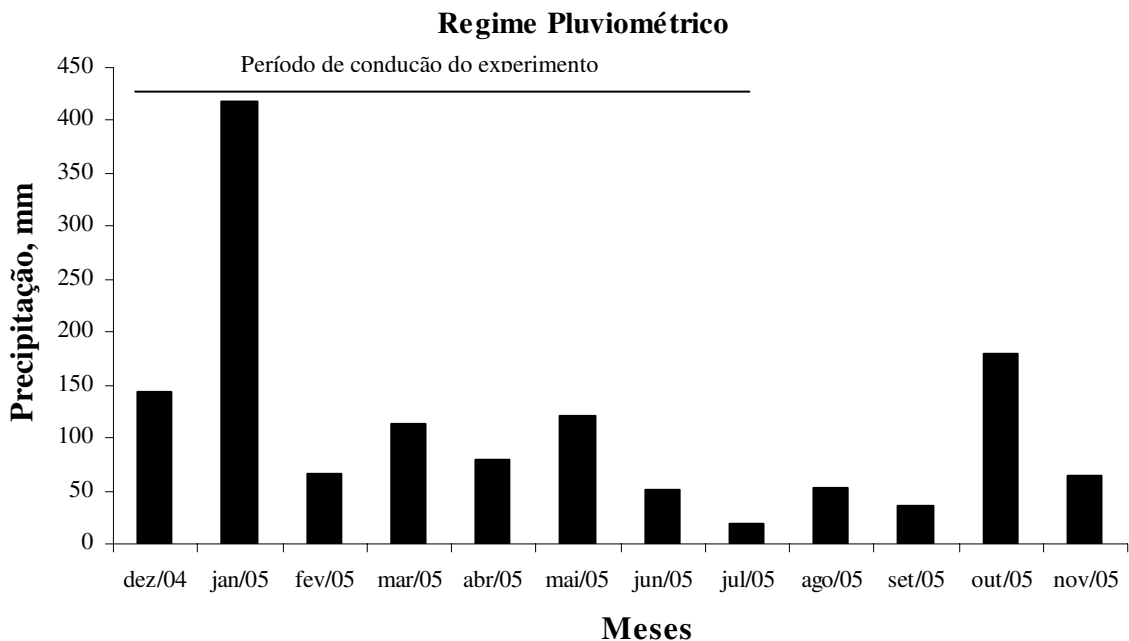


Figura 1. Regime pluviométrico nos meses de dezembro de 2004 a novembro de 2005. Botucatu – SP.

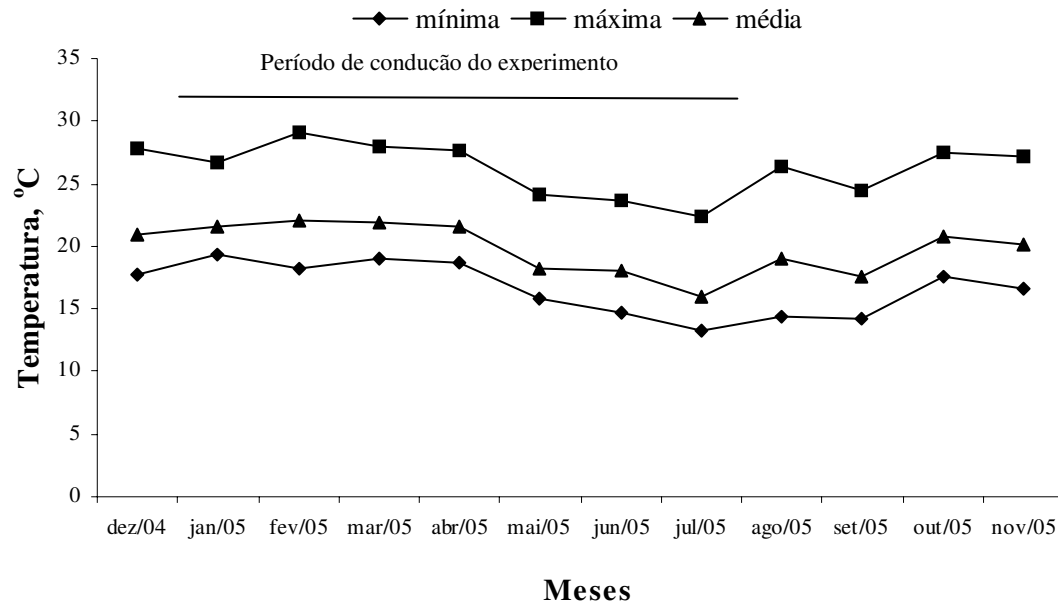


Figura 2. Temperaturas máximas, médias e mínimas nos meses de dezembro de 2004 a novembro de 2005. Botucatu – SP.

5.1.7 Análise estatística

Para todos os parâmetros analisados foram realizadas análises de variâncias. Quando atingida significância estatística, de acordo com o teste F, efetuou-se análise de regressão e se adotou, para expressar o comportamento da variável, o modelo que apresentou significância a 5% de probabilidade e o maior coeficiente de correlação para os dados obtidos. Para a comparação entre médias de tratamentos, empregou-se o teste LSD a 5% de probabilidade.

5.2 Experimento 2: Efeito de doses e formas de aplicação de lodo de esgoto (LE) na nutrição e crescimento inicial da mamoneira Cultivar AL Guarany 2002

5.2.1 Localização da área experimental e caracterização do solo

O experimento foi conduzido no período de março a maio de 2005, em condições de túnel plástico, localizado no Departamento de Recursos Naturais/Área de Ciência do Solo, da Faculdade de Ciências Agronômicas, Campus de Botucatu, UNESP.

O solo utilizado foi classificado como Terra Roxa Estruturada (CARVALHO et al., 1983). De acordo com Sistema Brasileiro de Classificação de Solos é denominado de NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico (EMBRAPA, 1999). O solo foi coletado na camada de 0-20 cm, em área cultivada com milho na safra e triticales no período de safrinha. As principais características químicas determinadas, conforme Raij et al. (2001), encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3. Análise química do solo na profundidade de 0-20cm. Botucatu-SP, 2006.

pH	M.O.	P _{resina}	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----mmol _c dm ⁻³ -----						
5,0	32	35	42	4,0	44	19	67	109	61

5.2.2 Delineamento experimental e descrição dos tratamentos

O delineamento experimental usado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições e vinte e cinco tratamentos, num total de cem parcelas experimentais. O arranjo dos tratamentos constituiu um fatorial 5 x 5 (cinco doses de lodo de esgoto (LE) e cinco formas de aplicação). As unidades experimentais foram compostas de vasos com capacidade de 5 dm³.

Os tratamentos foram:

T₁ - 5 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto aplicado em superfície;

T₂ - 5 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto incorporado a 25% do volume de solo;

- T₃** - 5 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto incorporado a 50% do volume de solo;
- T₄** - 5 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto incorporado a 75% do volume de solo;
- T₅** - 5 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto incorporado a 100% do volume de solo;
- T₆** - 10 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto aplicado em superfície;
- T₇** - 10 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto incorporado a 25% do volume de solo;
- T₈** - 10 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto incorporado a 50% do volume de solo;
- T₉** - 10 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto incorporado a 75% do volume de solo;
- T₁₀** - 10 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto incorporado a 100% do volume de solo;
- T₁₁** - 20 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto aplicado em superfície;
- T₁₂** - 20 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto incorporado a 25% do volume de solo;
- T₁₃** - 20 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto incorporado a 50% do volume de solo;
- T₁₄** - 20 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto incorporado a 75% do volume de solo;
- T₁₅** - 20 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto incorporado a 100% do volume de solo;
- T₁₆** - 40 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto aplicado em superfície;
- T₁₇** - 40 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto incorporado a 25% do volume de solo;
- T₁₈** - 40 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto incorporado a 50% do volume de solo;
- T₁₉** - 40 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto incorporado a 75% do volume de solo;
- T₂₀** - 40 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto incorporado a 100% do volume de solo;
- T₂₁** - 80 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto aplicado em superfície;
- T₂₂** - 80 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto incorporado a 25% do volume de solo;
- T₂₃** - 80 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto incorporado a 50% do volume de solo;
- T₂₄** - 80 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto incorporado a 75% do volume de solo;
- T₂₅** - 80 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto incorporado a 100% do volume de solo.

O cálculo das doses de lodo de esgoto, com base nas necessidades da cultura da mamona em N e a taxa de mineralização do nitrogênio (TMN) do resíduo, são descritos no experimento 1 (item 5.1.2).

5.2.3 Origem e caracterização química do lodo de esgoto

A origem e caracterização química do lodo de esgoto consta no experimento 1 (item 5.1.3) e Tabela 2.

5.2.4 Instalação e condução do experimento

Cada unidade experimental recebeu 4 dm³ de solo seco ao ar, peneirado (malha de 10 mm), no qual as doses de lodo de esgoto, equivalentes a 5, 10, 20, 40 e 80 Mg ha⁻¹, correspondentes a 7,7; 15,4; 30,8; 61,6 e 123,2 g vaso⁻¹ (base úmida), respectivamente, foram adicionadas de acordo com as formas de aplicação (aplicação superficial, 25, 50, 75 e 100% do volume total de solo).

Os tratamentos não receberam adubação nem calagem, visto que os teores de nutrientes no solo estavam dentro do recomendado para a cultura da mamona (RAIJ et al., 1997). A seguir, o solo foi mantido com capacidade máxima de retenção de umidade em torno de 50%, sendo o volume de água necessário determinado por pesagem das unidades experimentais; logo após a aplicação do lodo, dois dias após a semeadura, retiraram-se amostras de solo na camada de 0-20cm de cada tratamento para determinação da condutividade elétrica em extrato de saturação solo: água de 1:5 (Tabela 4).

Tabela 4. Condutividade elétrica (CE) dos tratamentos por ocasião da semeadura. Botucatu-SP, 2005.

Forma de Aplicação	Lodo de Esgoto (Mg ha ⁻¹)				
	5	10	20	40	80
	-----µS cm ⁻¹ -----				
0	3,08	281,0	157,1	248,0	165,3
25	2,21	528,0	303,0	276,0	217,0
50	2,96	1277,0	514,0	323,0	373,0
75	3,72	1540,0	615,0	579,0	517,0
100	3,85	1546,0	1208,0	1139,0	451,0
CE do Lodo de Esgoto	3,51	-	-	-	-

⁽¹⁾ Dose total de 5, 10, 20, 40 e 80 Mg ha⁻¹; 0, 25, 50, 75 e 100: aplicação do lodo em superfície; incorporado a 25, 50, 75 e 100% do volume de solo, respectivamente.

Após a retirada das amostras, procedeu-se à sementeira da mamona, com 10 sementes por vaso e se realizou o desbaste cinco dias após a emergência, deixando-se duas plantas por unidade experimental. A cultivar de mamona utilizada foi a Al Guarany 2002, que apresenta frutos indeiscentes, porte médio (1,60 a 2,60 m), ciclo de aproximadamente 180 dias, potencial produtivo de 2.500 kg ha⁻¹ e colheita feita em uma única etapa. É recomendada para plantio nos meses de outubro/novembro no Estado de São Paulo em populações de 6.666 plantas por hectare (1,5 m x 1,0 m) (SAVY FILHO, 2005).

5.2.5 Características avaliadas

As plantas foram cortadas rentes ao solo, 50 dias após a emergência, para avaliação da produção de fitomassa seca e estado nutricional das plantas. As plantas foram lavadas em água destilada, acondicionadas em bacias com detergentes, em seguida acondicionadas em bacias com água deionizada e novamente lavadas com água deionizada. Após secas naturalmente à sombra, as amostras foram levadas para estufa de circulação de ar forçado com temperatura de 60⁰C, por 48 horas, as quais foram pesadas para determinação da massa de matéria seca e em seguida moídas para avaliação dos teores de N, P, K, Ca, Mg e S (MALAVOLTA et al., 1997).

5.2.6 Análise estatística

Os dados obtidos de produção de fitomassa seca e macronutrientes acumulados nas plantas foram submetidos à análise de variância pelo teste F. Quando atingida significância estatística, de acordo com o teste F, efetuou-se análise de regressão e se adotou, para expressar o comportamento da variável, o modelo que apresentou significância a 5% de probabilidade e o maior coeficiente de correlação para os dados obtidos.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Experimento 1: Efeito de doses de lodo de esgoto (LE) e populações de plantas na nutrição e produção da mamoneira – Híbrido Lyra

6.1.1 Altura média de plantas e porcentagem dos grãos nos frutos

Conforme os resultados apresentados na Tabela 5 e Figuras 3 e 4, observa-se que a altura de plantas e a porcentagem dos grãos nos frutos da cultura da mamoneira foram afetadas pelas doses de lodo de esgoto, não se verificando efeito significativo para as populações de plantas e para a interação entre doses de lodo e populações de plantas.

Com relação à altura total das plantas, o menor crescimento foi observado para o tratamento que não recebeu adubação com lodo de esgoto. A altura foi

10,2% menor no tratamento sem adição de lodo em comparação a maior altura do tratamento com 12 Mg ha⁻¹, reduzindo-se de 86,5 cm para 77,7 cm (Tabela 5).

Observa-se que a relação entre altura de plantas e doses de lodo foi crescente, com ajuste matemático de ordem quadrática (Figura 3). A relação de dependência da altura de plantas em função da quantidade de lodo aplicada pode ser verificada pelo alto coeficiente de determinação ($R^2 = 0,97$). Observa-se na Figura 3, que a partir da dose de 12 Mg ha⁻¹ de LE, a altura de plantas começou a decrescer, sendo que,

Tabela 5. Altura de planta e porcentagem dos grãos nos frutos (rendimento), de cachos primários da mamoneira - Híbrido Lyra, em função de variações nas doses de lodo de esgoto (LE) e nas populações de plantas. Média de três repetições. Botucatu-SP, 2005.

Tratamentos	Altura	Grãos nos frutos
Doses de LE(Mg ha⁻¹)	cm	%
0	77,7	75,2
3	80,0	74,3
6	82,9	74,9
12	86,5	74,9
24	81,0	74,0
Ajustes ⁽¹⁾	Q*	Q*
Coeficiente de determinação	0,9738	0,5159
Populações (plantas ha⁻¹)		
6.666	77,38	74,45
10.000	83,76	74,93
13.333	82,02	74,59
20.000	83,46	74,75
	ns	ns
Interação LE X Populações	ns	ns
CV (%)	8,67	3,39

⁽¹⁾ Q: ajuste quadrático; ns; Não significativo; *: P<0,05. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade.

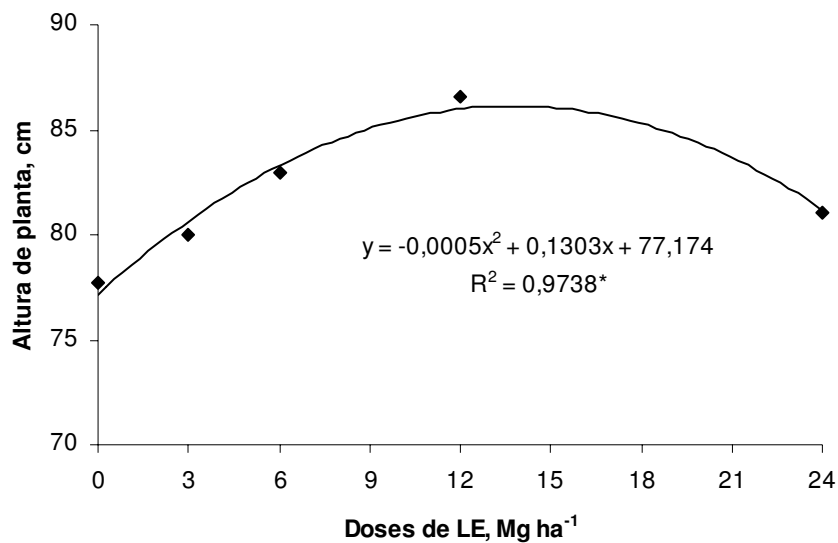


Figura 3. Altura de planta da mamoneira - Híbrido Lyra, em função de variações nas doses de lodo de esgoto (LE). Botucatu-SP, 2005.

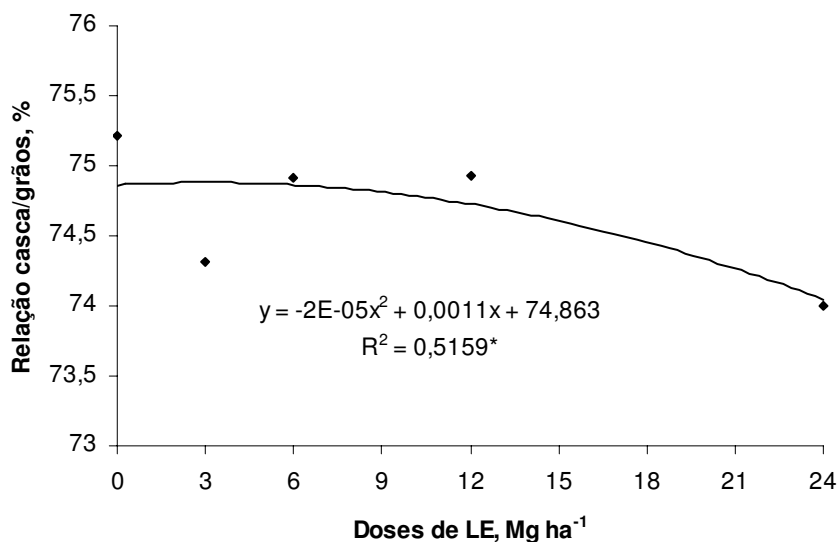


Figura 4. Porcentagem dos grãos nos frutos (rendimento) de cachos primários da mamoneira - Híbrido Lyra, em função de variações nas doses de lodo de esgoto (LE). Botucatu-SP, 2005.

para as condições do presente estudo, esta dose foi considerada suficiente para que as plantas de mamona expressassem o máximo de crescimento. Estes resultados corroboram com os encontrados por Chiaradia (2005), que constatou resposta semelhante a doses de lodo de esgoto como fonte de N para a cultura da mamoneira quando aplicados nas quantidades de $\frac{1}{2}N$, 1N e 2N vezes a dose de N recomendada para o cultivo desta oleaginosa, em Capivari, São Paulo.

Os resultados de altura de plantas encontrados neste trabalho corroboram com vários outros que obtiveram maior altura da mamoneira em função das quantidades de resíduos adicionados ao solo (SEVERINO et al., 2006a; MATHUKIA e MODHWADIA, 1993; NASCIMENTO et al., 2004c; UGJABA, 1996).

Estes resultados vêm confirmar a importância da aplicação de lodo de esgoto como fonte alternativa de N e outros nutrientes, elevando seus teores no solo, favorecendo o crescimento das plantas.

Os resultados de porcentagem dos grãos nos frutos colhidos (rendimento) em relação às doses de lodo de esgoto também são apresentados na Tabela 5 e na Figura 4. Nota-se, pela análise de regressão, que, à medida que se aumentou a dose de lodo, observou-se uma diminuição da porcentagem de grãos nos frutos. Convém salientar que a porcentagem dos grãos nos frutos é superior aos encontrados por Fernandes (1996) e Nakagawa et al. (1974) em ensaios de adubação, os quais obtiveram valores médios de 69,97, 69,43 e 70,43% para as cultivares IAC-38, Campinas e Guarani, respectivamente.

Quanto às populações de plantas, as respostas obtidas para altura de plantas e porcentagem de grãos nos frutos não foram significativas estatisticamente na comparação entre médias dos tratamentos efetuados. No entanto, nota-se que, à medida que se aumentou a população, aumentou-se a altura de plantas ($P < 0,06$), concordando com Monteiro (2005) que verificou resultados semelhantes, em que aumentos na altura da planta da mamoneira “AL Guarany 2002” foi tanto maior quanto maior a população de plantas, devido, provavelmente, ao efeito combinado da competição intra-específica por luz. Resultados semelhantes aos obtidos foram encontrados por Severino et al. (2006a), em que a altura de plantas aumentou com a elevação das populações de plantas, discordando de Gondim et al. (2006) que não observou influência das populações de plantas sobre esta variável.

6.1.2 Diagnose foliar

De acordo com as Tabelas 6 e 7, verifica-se que as doses de lodo e as populações de plantas não exerceram influência sobre os teores foliares de nutrientes, exceto para os teores de potássio e manganês que variaram significativamente com as doses de lodo de esgoto, e, boro para população de plantas. Não houve interação entre doses de lodo e populações de plantas de mamona, para as variáveis analisadas.

Para N, o teor foliar considerado adequado (40 a 50 g kg⁻¹) por Malavolta et al. (1997) só foi alcançado na dose de 6 Mg ha⁻¹ de lodo e para a população de 10.000 plantas por hectare. Para as demais doses de lodo de esgoto, as concentrações foliares de N ficaram abaixo do considerado adequado para a cultura; no entanto, os resultados descritos pelos tratamentos com adição de lodo e população de plantas estariam próximos do estabelecido para se obter produtividades consideráveis na cultura da mamoneira. O incremento, embora não significativo, nos teores de N nas folhas dos tratamentos que receberam lodo de esgoto pode ser atribuído em razão deste ser fonte desse nutriente, o que, provavelmente, tenha ocasionado maior absorção pela planta de mamona. Outro fato que pode ser levado em consideração é a presença de matéria orgânica, que corresponde a 36% da massa de matéria seca do lodo de esgoto (Tabela 2), contribuindo de forma fundamental na concentração de nitrogênio orgânico ao solo, sendo que com a sua mineralização pelos microrganismos, esse nutriente poderá ser absorvido pela mamoneira. Chiaradia (2005), estudando a cultivar “AL Guarany”, obteve valor médio de N para a mamoneira de 39,19 g kg⁻¹, com a aplicação de doses de lodo de esgoto.

Nakagawa e Neptune (1971) e Raij et al. (1997) mencionam que o teor foliar de N considerado adequado para a mamoneira situa-se próximo a 41,3 g kg⁻¹, aos 64 dias após a germinação. Vale ressaltar que sintomas visuais de deficiência deste nutriente, como forte gradiente de perda de cor, evoluindo das inferiores para o ápice, queda prematura da folhagem e frutificação fraca, ou seja, poucos cachos por planta e frutos com peso abaixo do esperado (SANTOS et al., 2004), não foram observados nos tratamentos.

Tabela 6. Diagnóse foliar da cultura da mamoneira (macronutrientes) - Híbrido Lyra, em função de variações nas doses de lodo de esgoto (LE) e nas populações de plantas. Média de três repetições. Botucatu-SP, 2005.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg
Doses de LE (Mg ha⁻¹)	-----g kg ⁻¹ -----				
0	37,8	3,4	18,2	25,8	3,5
3	39,6	3,4	18,1	26,3	3,5
6	40,4	3,3	17,3	23,9	3,4
12	38,7	3,3	18,6	24,5	3,4
24	38,4	3,4	19,6	25,3	3,2
Ajustes ⁽¹⁾	-	-	L*	-	-
Coefficiente de determinação	ns	ns	0,76	ns	ns
Populações (plantas ha⁻¹)					
6.666	38,6	3,2	18,7	24,7	3,2
10.000	40,8	3,1	17,6	25,1	3,6
13.333	37,3	3,4	18,3	25,3	3,3
20.000	39,2	3,7	18,9	25,6	3,5
	ns	ns	ns	ns	ns
Interação LE X Populações	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	10,84	12,01	9,43	14,49	28,08

⁽¹⁾L: ajuste linear; ns; Não significativo; *: P<0,05. Teste t (LSD) a 5% de probabilidade.

Tabela 7. Diagnóse foliar (micronutrientes) da cultura da mamoneira - Híbrido Lyra, em função de variações nas doses de lodo de esgoto (LE) e nas populações de plantas. Média de três repetições. Botucatu-SP, 2005.

Tratamentos	B	Cu	Mn	Zn
Doses de LE (Mg ha⁻¹)	-----mg kg ⁻¹ -----			
0	52,5	11,2	118,8	35,1
3	56,0	11,3	138,1	36,4
6	53,1	12,2	122,1	34,2
12	55,3	12,9	124,3	35,6
24	52,58	12,50	146,33	38,41
Ajustes ⁽¹⁾	-	-	L*	-
Coefficiente de determinação	ns	ns	0,58	ns
Populações (plantas ha⁻¹)				
6.666	50,0b	11,6	127,6	35,2
10.000	50,2b	11,6	126,1	35,1
13.333	57,0ab	12,0	129,8	35,0
20.000	58,3a	12,9	136,3	38,6
	*	ns	ns	ns
Interação LE X Populações	ns	ns	ns	ns
CV (%)	17,60	18,94	17,41	16,26

⁽¹⁾L: ajuste linear; ns; Não significativo; *: P<0,05. Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade.

Com relação aos teores de potássio, verificou-se que este nutriente não alcançou a faixa adequada (30 a 40 g kg⁻¹) para os tratamentos com lodo e populações de plantas, inclusive para a maior dose de lodo de esgoto (MALAVOLTA et al., 1997). Porém, os teores foliares de potássio aumentaram linearmente ($R^2 = 0,76$) de 18,28 para 19,67 g kg⁻¹ em resposta aos extremos de doses de zero e 24 Mg ha⁻¹ de LE.

Não houve efeito significativo das doses de lodo de esgoto e populações de plantas nos teores foliares de P, Ca e Mg nas plantas de mamona devido aos altos teores pré-existentes no solo. Estes foram mantidos na faixa considerada adequada em todos os tratamentos (MALAVOLTA et al., 1997). Resultados semelhantes foram encontrados por Silva (2001), avaliando o efeito da adição de lodo de esgoto na cultura do sorgo, em condições de casa de vegetação, que demonstrou que os teores de Ca e Mg não foram influenciados pelas doses de lodo de esgoto.

Os teores de P, Ca e Mg na folha da mamoneira considerados adequados para se obter boa produtividade é de 3 a 4 g kg⁻¹, 15 a 25 g kg⁻¹ e 2,5 a 3,5 g kg⁻¹, respectivamente (MALAVOLTA et al., 1997), valores esses superados já no tratamento sem adição de lodo e nas diferentes populações de plantas. Chiaradia (2005) encontrou valores de P na cultivar Al Guarany 2002 cerca de três vezes maior no tratamento que recebeu o dobro da recomendação de N para a cultura na forma de lodo de esgoto.

Avaliando o estado nutricional da mamoneira cultivar IAC 226 em resposta a adubação nitrogenada, em Leme do Prado – MG, Pacheco et al., (2006a) registraram os níveis críticos foliares de 53,7 N, 3,0 de P, 24,3 de K, 18,0 de Ca e 2,5 de Mg em g kg⁻¹. Portanto, para o presente estudo, os teores de N (39,02 g kg⁻¹) e K (18,41 g kg⁻¹) situaram-se abaixo da faixa de suficiência; os teores de Ca e Mg (25,19 e 3,46 g kg⁻¹) foram superiores e os de P (3,38 g kg⁻¹) foram semelhantes aos obtidos por estes autores.

Os teores médios de B e Cu aqui obtidos (Tabela 7) foram de 53,93 e 12,05 mg kg⁻¹ devido à alta fertilidade inicial do solo e superiores aos obtidos por Pacheco et al. (2006b), em ensaio com adubação nitrogenada para a cultivar de mamona IAC 226, os quais consideraram como níveis críticos foliares para B e Cu os valores médios de 29 e 8 mg kg⁻¹, respectivamente. Camargo e Zarbini (2006), avaliando vários adubos foliares comerciais (Viça Café, Ubyfol e Biosoja), obtiveram valores inferiores ao do presente estudo, porém, sem

sintomas de deficiências ou excesso de nutrientes, com teores foliares médios de 33 e 8,8 mg kg⁻¹ de B e Cu, respectivamente.

Em estudos realizados em campo por Souza e Natale (1997), foram observadas concentrações de B nas folhas da mamoneira variando de 31 a 95 mg kg⁻¹, e não foi observado sintoma de deficiência ou de excesso.

Lavres Júnior et al. (2005) e Lange et al. (2005) avaliaram o estado nutricional do híbrido Íris em solução nutritiva completa com macro e micronutrientes, e obtiveram valores foliares médios de 48,1, 4,7, 23,3, 13,6 e 6,7 g kg⁻¹ de N, P, K, Ca e Mg e teores de 21, 6, 27 e 9 mg kg⁻¹ de B, Cu, Mn e Zn, respectivamente. Comparando-se os teores foliares de nutrientes, observa-se que os valores obtidos para macronutrientes neste ensaio (exceto Ca) são inferiores e os teores de micronutrientes são consideravelmente superiores aos citados anteriormente.

Verificou-se resposta linear crescente no teor de Mn nas folhas de mamona em função do aumento das doses de lodo de esgoto ($R^2 = 0,76$). Quanto ao Zn, o teor médio na folha foi de 35,98 mg kg⁻¹; ficando dentro do intervalo de 14 a 43 mg kg⁻¹ apontado em literatura para mamoneiras desenvolvidas em solo de baixa e alta fertilidade, respectivamente (HOCKING, 1982; SOUZA e NATALE, 1997).

Resultados semelhantes para os teores de Mn e Zn foram obtidos por Camargo e Zarbini (2006), que obtiveram valores de 120 e 39 mg kg⁻¹ de Mn e Zn. Já os valores de 47 e 27 mg kg⁻¹ de Mn e Zn, respectivamente, indicados por Pacheco et al. (2006b) diferem bastante dos obtidos neste ensaio.

A competição entre as plantas, induzida por estande maior de plantas, leva a modificações na arquitetura das plantas, mas parece não influir diretamente na absorção e translocação de nutrientes, que podem estar mais associadas à produção de frutos e sementes.

O lodo de esgoto tem apresentado bons resultados na disponibilidade de nutrientes para diversas culturas (BROWN et al., 1996). Mesmo com os aumentos, promovidos pela aplicação de lodo de esgoto nos teores de nitrogênio e fósforo no solo (CORRÊA, 2005; BETTIOL e CAMARGO, 2000; MELFI e MONTES, 2001; SILVA et al., 1998b), Nascimento et al. (2004a) relatam que os teores no solo apresentados por esse resíduo

são considerados baixos, havendo necessidade de suplementação com fertilizantes minerais para a obtenção de altas produtividades.

6.1.3 Teores de nutrientes nos grãos

Os teores de nutrientes obtidos nos grãos de mamona oriundas dos cachos primários são apresentados nas Tabelas 8 e 9.

Observa-se na Tabela 8 que o lodo de esgoto e as populações de plantas não influenciaram os teores de N, P, K, Ca e Mg nos grãos. Não houve interação entre as doses de lodo e populações de plantas.

Os teores médios de N, P, K, Ca e Mg foram de 25,96, 5,77, 4,82, 3,74 e 3,17 g kg⁻¹, respectivamente. Os teores médios de N obtidos neste ensaio estão inferiores aos 33,5 g kg⁻¹ para a cultivar Guarani obtidos por Nakagawa et al. (1979) e 45 g kg⁻¹ obtidos por Nakagawa (1971) e RAIJ et al. (1997).

O maior teor de P foi encontrado no tratamento que recebeu 6 Mg ha⁻¹ de lodo e a população de 20.000 plantas; no entanto, não diferiram dos demais tratamentos. Os teores de P encontrados neste experimento são superiores aos valores máximos obtidos de 3,57 e 4,15 g kg⁻¹ para as cultivares “Guarani” e “Campinas”, respectivamente, por Nakagawa et al. (1979), em ensaio de campo realizado com adubação fosfatada.

O aumento das doses de lodo de esgoto não alterou os teores de K e Ca nos grãos, observando-se um teor médio de 4,82 e 3,74 g kg⁻¹ para K e Ca, respectivamente. Estes valores são superiores aos encontrados por Nakagawa et al. (1979) para a cultivar “Guarani” (3,60 g kg⁻¹ para K e Ca). Já os dados obtidos de até 5,0 g kg⁻¹ por Nakagawa et al. (1977) são semelhantes aos resultados encontrados em função da aplicação de lodo de esgoto e da população de plantas para este ensaio.

Tabela 8. Teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio nos grãos da mamoneira - Híbrido Lyra, em função de variações nas doses de lodo de esgoto (LE) e nas populações de plantas. Média de três repetições. Botucatu-SP, 2005.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg
Doses de LE (Mg ha⁻¹)	-----g kg ⁻¹ -----				
0	26,1	5,8	4,5	3,6	3,1
3	26,9	5,6	5,0	3,3	3,1
6	25,9	5,8	4,6	3,9	3,2
12	25,6	5,7	4,9	3,7	3,2
24	25,0	5,8	4,9	3,9	3,1
Ajustes ⁽¹⁾	-	-	-	-	-
Coefficiente de determinação	ns	ns	ns	ns	ns
Populações (plantas ha⁻¹)	-----				
6.666	26,8	5,6	4,9	4,0	3,1
10.000	24,6	5,7	4,8	3,3	3,1
13.333	26,2	5,8	4,8	3,6	3,1
20.000	26,0	5,8	4,6	3,9	3,2
	ns	ns	ns	ns	ns
Interação LE X Populações	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	10,58	12,53	11,15	24,86	8,60

⁽¹⁾L: ajuste linear; Q: ajuste quadrático; ns; Não significativo; *: P<0,05. Teste t (LSD) a 5% de probabilidade.

Tabela 9. Teores de boro, cobre, manganês e zinco nos grãos da mamoneira - Híbrido Lyra, em função de variações nas doses de lodo de esgoto (LE) e nas populações de plantas. Média de três repetições. Botucatu-SP, 2005.

Tratamentos	B	Cu	Mn	Zn
Doses de LE (Mg ha⁻¹)	-----mg kg ⁻¹ -----			
0	27,0	13,8	20,0	65,1
3	29,0	13,0	19,5	62,6
6	25,9	13,0	21,1	63,6
12	26,1	12,5	22,6	59,6
24	27,4	12,5	20,9	63,5
Ajustes ⁽¹⁾	-	-	-	-
Coefficiente de determinação	ns	ns	ns	ns
Populações (plantas ha⁻¹)	-----			
6.666	25,9	12,6	20,5	60,0
10.000	27,4	12,6	20,9	62,4
13.333	28,2	13,5	20,4	63,4
20.000	26,8	13,2	21,6	65,7
	ns	ns	ns	ns
Interação LE X Populações	ns	ns	ns	ns
CV (%)	9,64	12,85	14,05	12,69

⁽¹⁾L: ajuste linear; Q: ajuste quadrático; ns; Não significativo; *: P<0,05. Teste LSD a 5% de probabilidade.

Já os teores médios de Mg aqui observados ($3,17 \text{ g kg}^{-1}$), apresentam o mesmo comportamento de resposta que o Ca, isto é, acima do dobro encontrado por Nakagawa et al. (1979) e praticamente os mesmos valores ($3,45 \text{ g kg}^{-1}$), obtidos por Fernandes (1996), ambos para a cultivar Guarani.

Os teores médios de B, Cu, Mn e Zn observados foram de 27,09; 12,99; 20,86 e $62,92 \text{ mg kg}^{-1}$, respectivamente. Não se verificou diferença estatística de interação e dentro de cada fator isoladamente para o teor de micronutrientes nos grãos. O tratamento sem adição de lodo foi o que apresentou os maiores teores de Cu e Zn, embora não significativamente. Para o B e Mn, os tratamentos que tenderam a apresentar o maior teor nos grãos foram com adição de 30 kg ha^{-1} e 120 kg ha^{-1} de N, respectivamente. Os teores de B, Cu e Zn obtidos são superiores, em média, aos valores ($4,5$, $3,5$ e $52,0 \text{ mg kg}^{-1}$ de B, Cu e Zn, respectivamente) encontrados por Lavres Junior et al. (2006) para o híbrido Íris, em ensaio com doses de B, Cu, Mn e Zn.

Não existem dados na literatura sobre teores de micronutrientes nos grãos adequados para a mamoneira.

6.1.4 Produtividade da mamoneira

Na análise de variância de produtividade de frutos e grãos de cachos primários verificou-se interação significativa entre as doses de lodo e as populações de plantas. Os resultados expressos em kg ha^{-1} de frutos e grãos de cachos primários de mamona em função dos diferentes tratamentos, encontram-se nas Tabelas 10 e 11.

A aplicação de 24 Mg ha^{-1} de lodo incrementou a produtividade de frutos de cachos primários em 245,30, 250,06, 260,93 e $1176,49 \text{ kg ha}^{-1}$ em relação aos tratamentos que não receberam lodo de esgoto e nas populações de 6.666, 10.000, 13.333 e 20.000 plantas ha^{-1} , respectivamente. O desdobramento dessa interação mostrou efeitos de populações dentro das doses de lodo. Pelo teste de médias, pode-se observar que aumentando-se as populações de plantas ocorre aumento significativo na produtividade de frutos e grãos de cachos primários (Tabelas 10 e 11). Estes resultados corroboram com aqueles obtidos por

Monteiro (2005) para a cultivar Al Guarany 2002, que obteve maiores produtividades com o aumento da população de plantas.

Tabela 10. Produtividade de frutos (kg ha^{-1}) de cachos primários da mamoneira - Híbrido Lyra, em função de variações nas doses de lodo de esgoto (LE) e nas populações de plantas. Médias de três repetições. Botucatu-SP, 2005.

Tratamentos	Produtividade de frutos de cachos primários, kg ha^{-1}				Médias
	Populações (plantas ha^{-1})				
Doses de LE (Mg ha^{-1})	6.666	10.000	13.333	20.000	
0	692,92B	847,78B	945,66AB	1310,25A	949,15
3	787,25B	936,02B	1138,28B	1612,65A	1118,55
6	971,15B	1003,78B	1170,25B	2217,62A	1340,70
12	873,99B	1161,96B	1070,02B	1968,60A	1268,64
24	938,22B	1097,84B	1206,59B	2486,74A	1432,35
Médias	852,60C	1009,48BC	1106,16B	1919,17A	
Ajustes ⁽¹⁾	-	-	-	Q*	
Coefficiente de determinação	ns	ns	ns	0,7883	
Interação LE X Populações	*				
CV (%)	18,76				

⁽¹⁾L: ajuste linear; Q: ajuste quadrático; ns; Não significativo; *: $P < 0,05$. Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade.

Tabela 11. Produtividade de grãos (kg ha^{-1}) de cachos primários da mamoneira - Híbrido Lyra, em função de variações nas doses de lodo de esgoto (LE) e nas populações de plantas. Médias de três repetições. Botucatu-SP, 2005.

Tratamentos	Produtividade de grãos de cachos primários, kg ha^{-1}				Médias
	Populações (plantas ha^{-1})				
Doses de LE (Mg ha^{-1})	6.666	10.000	13.333	20.000	
0	516,91B	639,36B	716,96AB	980,93A	713,00
3	587,90B	696,33B	843,61B	1194,69A	830,63
6	729,09B	753,06B	876,58B	1655,44A	1003,54
12	648,65B	873,74B	800,44B	1489,59A	953,10
24	691,05B	844,23B	880,24B	1853,16A	1067,17
Médias	634,72C	761,34BC	823,57B	1434,76A	
Ajustes ⁽¹⁾	-	-	-	Q*	
Coefficiente de determinação	ns	ns	ns	0,8024	
Interação LE X Populações	*				
CV (%)	18,75				

⁽¹⁾L: ajuste linear; Q: ajuste quadrático; ns; Não significativo; *: $P < 0,05$. Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade.

Nakagawa (1976) observou produções da ordem de 700 kg ha^{-1} para o 1º racemo nos cultivares Campinas e Guarani, utilizando fertilização, em termos de macronutrientes totais, semelhante à utilizada para este experimento. Para a cultivar Guarani, Nakagawa (1976) observou que o cacho primário foi responsável, em média, por até 50% do total da produção da planta. Comparando-se aos dados de Nakagawa et al. (1979) e Fernandes (1996) para produção de grãos de cachos primários, observa-se que os valores estimados de 963 e 1030 kg ha^{-1} por estes autores, respectivamente, são semelhantes aos obtidos neste ensaio para as doses de lodo de esgoto dentro das populações de 6.666 , 10.000 e 13.333 plantas ha^{-1} , não o sendo para as doses dentro da população de 20.000 plantas ha^{-1} .

A aplicação de lodo de esgoto dentro da população de 20.000 plantas por hectare incrementou a produtividade da mamoneira, apresentando comportamento quadrático em função do aumento das doses de lodo. Para os demais tratamentos, ou seja, doses dentro das populações de 6.666 , 10.000 e 13.333 plantas por hectare, nota-se aumento na produtividade com o aumento das doses de lodo de esgoto.

Apesar da interação doses e populações de plantas não ter sido significativa para produtividade total de frutos e grãos, observa-se na Tabela 12, que houve efeito significativo para doses e populações isoladamente.

As equações de regressão e os coeficientes de determinação obtidos na análise de regressão para produtividade total de frutos e grãos, em função das doses de lodo, estão apresentados nas Figuras 5 e 6, respectivamente. A produtividade de frutos e grãos em kg ha^{-1} é favorecida pela aplicação de lodo de esgoto, com comportamento quadrático significativo ($R^2 = 0,76^*$). A dose que apresentou o melhor resultado, para a produtividade total de frutos e grãos, foi a de 24 Mg ha^{-1} de lodo, com incrementos de $573,76 \text{ kg ha}^{-1}$ e $401,63 \text{ kg ha}^{-1}$ para produtividade de frutos e grãos em relação à testemunha (sem adição de lodo), respectivamente. Estes resultados corroboram com os obtidos por Severino et al. (2006b), Nascimento et al. (2004b), Ugjaba (1996), Mathukia e Modhwadia (1993), que observaram incremento na produtividade da mamoneira em resposta à adubação orgânica.

Tabela 12. Produtividade de frutos (casca + grãos) e grãos, de cachos primários e demais cachos da mamoneira - Híbrido Lyra, em função de variações nas doses de lodo de esgoto (LE) e nas populações de plantas. Média de três repetições. Botucatu-SP, 2005.

Tratamentos	Produtividade	
	Frutos (casca + grãos)	Grãos
Doses de LE (Mg ha⁻¹)	-----kg ha ⁻¹ -----	
0	2167,94	1570,41
3	2376,74	1703,02
6	2677,04	1939,41
12	2541,11	1844,86
24	2741,70	1972,04
Ajustes ⁽¹⁾	Q*	Q*
Coefficiente de determinação	0,7570	0,7624
Populações (plantas ha⁻¹)		
6.666	1732,26c	1245,44c
10.000	2202,80b	1597,73b
13.333	2437,48b	1751,23b
20.000	3631,39a	2629,39a
	*	*
Interação LE X Populações	ns	ns
CV (%)	14,06	14,09

⁽¹⁾L: ajuste linear; Q: ajuste quadrático; ns; Não significativo; *: P<0,05. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade.

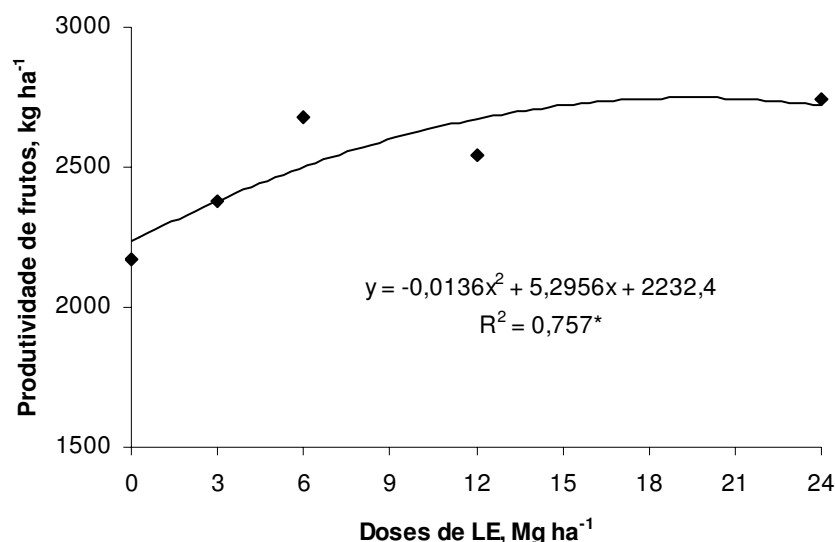


Figura 5. Produtividade de frutos (casca + grãos) de cachos primários e demais cachos da mamoneira – Híbrido Lyra, em função de variações nas doses de lodo de esgoto (LE). Média de três repetições. Botucatu-SP, 2005.

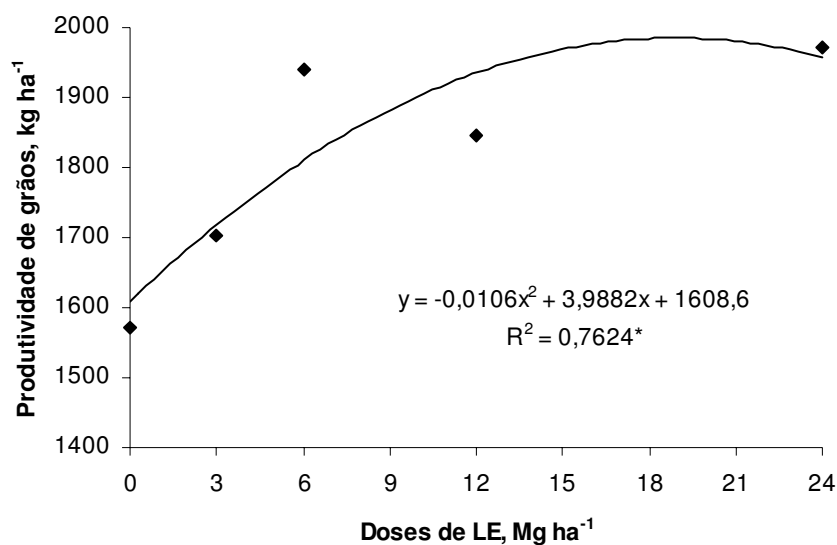


Figura 6. Produtividade de grãos de cachos primários e demais cachos da mamoneira - Híbrido Lyra, em função de variações nas doses de lodo de esgoto (LE). Média de três repetições. Botucatu-SP, 2005.

Chiaradia (2005) obteve produção relativa acima de 100% para a cultivar de mamona AL Guarany 2002 com a aplicação de lodo em quantidade suficiente para fornecer o N exigido pela cultura e o dobro desta quantidade quando comparado à adubação mineral exclusiva. Quando aplicou meia dose de lodo de esgoto baseado na taxa de mineralização de N e na recomendação de N para a mamoneira, obteve produção relativa de 93%, valor este muito próximo do tratamento com adubação mineral completa (Produção Relativa de 100%). Dessa forma, o uso da TMN para o cálculo da dose de lodo de esgoto pode incorrer em certo risco, uma vez que indica uma TMN acima da considerada para a definição da dose, representando assim, risco de contaminação de águas subterrâneas por nitrato.

Vários autores atribuem o aumento de produtividade da mamoneira à adubação nitrogenada (PACHECO et al., 2006a; SILVA et al., 2006; SEVERINO et al.,

2006a,b; SHARMA et al., 2004). Essa variável, foi sem dúvida, a que apresentou a maior resposta à aplicação das doses de lodo de esgoto.

Os resultados obtidos de produtividade de frutos e grãos em kg ha^{-1} , em média, de cachos primários e demais cachos (Tabela 12), indicam que houve resposta significativa na comparação entre médias dos tratamentos efetuados para populações de plantas. Pode-se observar na Tabela 12 que aumentando-se a população de plantas, ocorre um aumento significativo na produtividade total da mamoneira. Quando foi utilizada a população de 20.000 plantas por hectare, a produtividade foi $3631,39 \text{ kg ha}^{-1}$ e $2629,39 \text{ kg ha}^{-1}$ de frutos e grãos, respectivamente. O tratamento com população de 20.000 plantas por hectare foi o que apresentou a maior produtividade de frutos e grãos, diferindo estatisticamente dos demais. Já os tratamentos com populações de 13.333 e 10.000 plantas não diferiram entre si, porém, diferiram do tratamento com população de 6.666 plantas por hectare. Esses resultados estão de acordo com os obtidos por Monteiro (2005) para a cultivar AL Guarany 2002, que obteve maior produtividade, variando de 5241 kg ha^{-1} a 2557 kg ha^{-1} para as populações de 20.000 e 6.666 plantas por hectare, respectivamente.

Savy Filho (2005) cita que a produtividade média do híbrido Lyra recomendado como cultura de “safrinha” é de 1600 kg ha^{-1} . O valor obtido para a produtividade neste experimento, porém, além de ter sido acima da média de produtividade para o híbrido, está acima da produtividade média para o Estado de São Paulo nas safras de 2003/2004 e 2004/2005, cujo valor foi de 1600 kg ha^{-1} . Cabe ressaltar que a média nacional para essas duas safras foi de aproximadamente 643 e 781 kg ha^{-1} , respectivamente (SAVY FILHO, 2005).

Trabalhando com avaliação de progênies de mamona cultivar Al Guarany 2002, Gagliardi et al. (2004), em São Manuel e Ibitinga, no estado de São Paulo, obtiveram, no espaçamento de 1,0m entre linha, produtividades médias de 3320 kg ha^{-1} e 1288 kg ha^{-1} , respectivamente. Tais resultados concordam com os encontrados neste experimento, no qual esse espaçamento (1,0m x 1,0m) proporcionou maiores produtividades quando comparado com espaçamentos maiores.

Poletine et al. (2004), trabalhando com a cultivar AL Guarany 2002, obtiveram resultado de produtividade de $853,6 \text{ kg ha}^{-1}$. Concluíram que a diminuição do

espaçamento pode ser uma prática não favorável para este material quando relacionado ao fator produtividade, diferentemente deste trabalho, onde utilizou-se o híbrido Lyra.

Jesus et al. (2004), também trabalhando com a cultivar Al Guarany 2002, em espaçamentos de 0,6 m e 0,5 m entre linhas, obteve altas produtividades, concordando com resultados vistos neste experimento, onde a média geral da produtividade de grãos foi de 1981,7 kg ha⁻¹, com amplitude de 414,6 a 2828,1 kg ha⁻¹.

6.1.5 Teor e produtividade de óleo

O teor e produtividade de óleo de cachos primário e total estão demonstrados na Tabela 13 e Figuras 7 e 8. Observa-se que houve resposta significativa para produtividade de óleo em função das doses de lodo e populações de plantas e que a interação entre estes não foi significativa. Para a variável teor de óleo, observa-se que não houve efeito significativo para o efeito isolado de doses e populações de plantas e nem mesmo para a interação entre doses e populações de plantas.

Os teores de óleo não foram influenciados pelas doses de lodo de esgoto e as populações de plantas, com valor médio de 46,62% de óleo. Esses resultados são semelhantes aos observados por Severino et al. (2006a, b e c), segundo os quais não houve diferença no teor de óleo da mamoneira em função das populações de plantas, adubação orgânica e fertilização com N mineral.

As doses de lodo promoveram aumentos consistentes na produtividade de óleo. As curvas de resposta da produtividade de óleo de cachos primários e total às doses de lodo apresentaram melhor ajuste à regressão polinomial de segundo grau, alcançando produtividades máximas de 499,31 e 925,79 kg ha⁻¹ de óleo, respectivamente, com a aplicação de 24 Mg ha⁻¹ de lodo.

Para a produtividade de óleo em função das populações de plantas, constataram-se diferenças significativas para o parâmetro avaliado. Nota-se, diminuição da produtividade de óleo em função da redução das populações de plantas, tanto para cachos primários como para total. Os incrementos na produtividade foram de 369,34 e 641,91 kg ha⁻¹ de óleo de cachos primário e total, respectivamente, no tratamento com 20.000 plantas em

relação à população de 6.666 plantas por hectare. Resultados semelhantes foram obtidos por Severino et al. (2006c) e Maciel et al. (2006) ao aumentarem a população de plantas da cultivar BRS 149 Nordestina e do híbrido Íris, respectivamente.

Tabela 13. Teor de óleo nos grãos e produtividade de óleo de cachos primários e total (cacho primário + demais) da cultura da mamoneira - Híbrido Lyra, em função de variações nas doses de lodo de esgoto (LE) e nas populações de plantas. Média de três repetições. Botucatu-SP, 2005.

Tratamentos	Teor de óleo	Produtividade de óleo	
		Cacho primário	Total
Doses de LE (Mg ha⁻¹)	%	-----kg ha ⁻¹ -----	
0	46,88	334,96	737,19
3	46,30	386,35	792,28
6	47,07	470,00	910,70
12	46,37	441,08	853,41
24	46,47	499,31	925,79
Ajustes ⁽¹⁾	-	Q*	Q*
Coefficiente de determinação	ns	0,8056	0,7156
Populações (plantas ha⁻¹)			
6.666	46,89	297,69c	583,84c
10.000	46,55	355,97bc	746,36b
13.333	46,78	384,68b	819,53b
20.000	46,65	667,03a	1225,75a
	ns	*	*
Interação LE X Populações	ns	ns	ns
CV (%)	5,16	18,56	14,89

⁽¹⁾L: ajuste linear; Q: ajuste quadrático; ns; Não significativo; *: P<0,05. Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade.

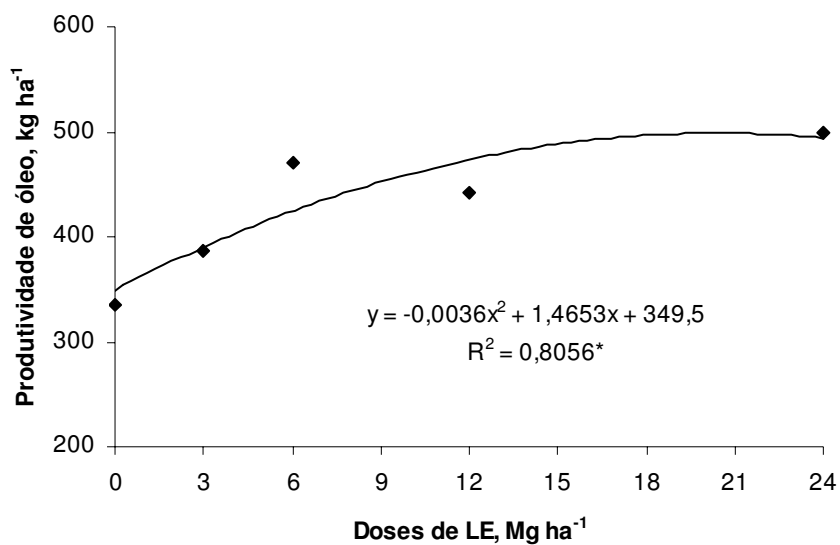


Figura 7. Produtividade de óleo de cachos primários da cultura da mamoneira - Híbrido Lyra, em função de variações nas doses de lodo de esgoto (LE). Média de três repetições. Botucatu-SP, 2005.

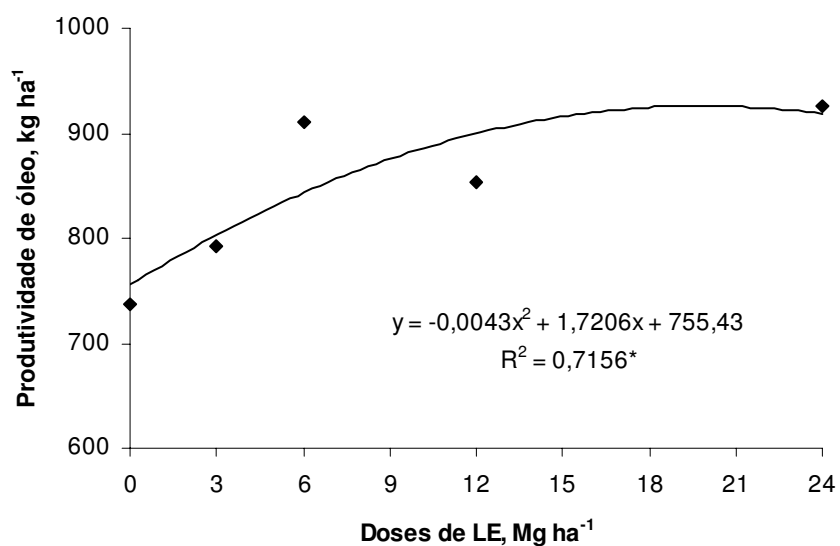


Figura 8. Produtividade de óleo (cachos primários + demais) da cultura da mamoneira - Híbrido Lyra, em função de variações nas doses de lodo de esgoto (LE). Média de três repetições. Botucatu-SP, 2005.

6.2 Experimento 2: Efeito de doses e formas de aplicação de lodo de esgoto na nutrição e crescimento inicial da mamoneira cultivar AL Guarany 2002

6.2.1 Acúmulo de macronutrientes e produção de fitomassa seca

Na Tabela 14 e Figura 9 são apresentados os valores de produção de fitomassa seca e acúmulo de macronutrientes, da mamoneira. Observa-se que houve efeito significativo das formas de aplicação do lodo de esgoto na produção de fitomassa seca da parte aérea e acúmulo de macronutrientes pelas plantas de mamona, não o sendo, porém, para o efeito da interação entre formas de aplicação e níveis de lodo adicionados. As formas de aplicação proporcionaram incremento significativo na produção de fitomassa seca à medida em que se incorporou o resíduo a um volume maior de solo, o mesmo não sendo observado para os níveis do resíduo, apesar de ter proporcionado pequeno incremento na produção de fitomassa seca. Araújo et al. (2005) notaram decréscimos significativos na produção de fitomassa seca de plântulas de soja e trigo em solos tratados com doses de lodo de esgoto. Resposta quadrática observada na produção de matéria seca e acúmulo de nutrientes na cultura do maracujazeiro, com aplicação de lodo de esgoto foi observada por Prado e Natale (2005), em casa de vegetação, com doses de até 30 Mg ha⁻¹ (base seca).

De modo geral, a produção de fitomassa seca e acúmulo de nutrientes pela mamoneira, aumentou linearmente ($p < 0,05$), com tendência crescente, com as formas de aplicação em função da adição de lodo de esgoto (Tabela 14 e Figura 9), confirmando os resultados obtidos para matéria seca (BERTON et al., 1989; BERTON et al., 1997) e acúmulo de nutrientes (MARTINS et al., 2003). Os aumentos observados na produção de fitomassa seca e acúmulo de nutrientes para todos os tratamentos em relação ao tratamento com aplicação do lodo em superfície e para o menor nível adicionado, devem estar relacionados principalmente com o maior fornecimento de nutrientes às plantas, como o N, P, Ca, Mg, Cu, Fe e Mn, todos presentes em teores elevados no lodo de esgoto, conforme já apresentado na Tabela 3. Pal e Bhattacharyya (2003), ao compararem o efeito da adição de lodo de esgoto às culturas do trigo, arroz e abobrinha, observaram que o trigo foi o mais sensível, seguido do arroz e, logo após, da abobrinha, em termos de crescimento radicular e aéreo.

O acúmulo de N, P, K, Ca, Mg e S atingiram valores máximos quando o lodo de esgoto foi aplicado e incorporado ao volume total de solo (Figura 9). Este fato pode estar associado a um possível aumento na mineralização da matéria orgânica e maior disponibilização pelo maior contato com as partículas do solo. De forma similar, Simonete et al. (2003) constataram aumento no acúmulo de nutrientes com a aplicação de lodo de esgoto a um Argissolo Vermelho-Amarelo, na cultura do milho.

Este aumento no acúmulo de N, K, Ca, Mg e S, era esperado, uma vez que há aumento nos teores trocáveis de Ca, Mg e K no solo, com a aplicação e maior incorporação do lodo de esgoto, conforme observado por Simonete et al. (2003).

O efeito não significativo dos níveis de lodo de esgoto, no desenvolvimento e nutrição das plantas, pode ser explicado pelo efeito salino provocado pela presença de sais, que se acumulam no solo, requerendo às raízes maior energia proveniente de outros processos metabólicos para absorver água, conforme observado por Rodgers e Anderson (1995). Segundo Maas (1984) citado por Ayers e Westcot (1999) a mamoneira é classificada como sendo moderadamente sensível, mesmo assim, não há registros de estudos sobre o efeito da salinidade no comportamento desta cultura, particularmente no crescimento e relações hídricas.

Lima et al. (2004), em estudo com níveis de salinidade da água de irrigação, em três solos representativos da região de Mossoró, RN, relataram que o aumento dos níveis de salinidade afetaram negativamente o crescimento da mamoneira cultivar BRS 149 Nordestina.

Tabela 14. Valores médios de fitomassa seca (parte aérea) da mamoneira, 50 dias após aplicação das doses de lodo de esgoto e formas de aplicação ao solo. Média de quatro repetições. Botucatu-SP, 2005.

Tratamentos	Fitomassa seca	Regressão⁽³⁾	
Forma de aplicação	-----g planta ⁻¹ -----	Modelo	R ²
0	0,9140 c		
25	1,0440 bc		
50	1,0895 abc	L	0,9833*
75	1,1805 ab		
100	1,2795 a		
Lodo de esgoto (Mg ha ⁻¹)	-----g planta ⁻¹ -----		
5	1,0205		
10	1,0520		
20	1,1235	-	n.s.
40	1,1445		
80	1,1670		

¹Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; 0, 25, 50, 75 e 100: aplicação do lodo em superfície; incorporado a 25%, 50%, 75% e 100% do volume de solo; respectivamente. ⁽²⁾Dose total de 5, 10, 20, 40 e 80 Mg ha⁻¹ de lodo. ⁽³⁾Regressões: L: linear; Q: quadrática. ^{n.s}Não-significativo. *Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

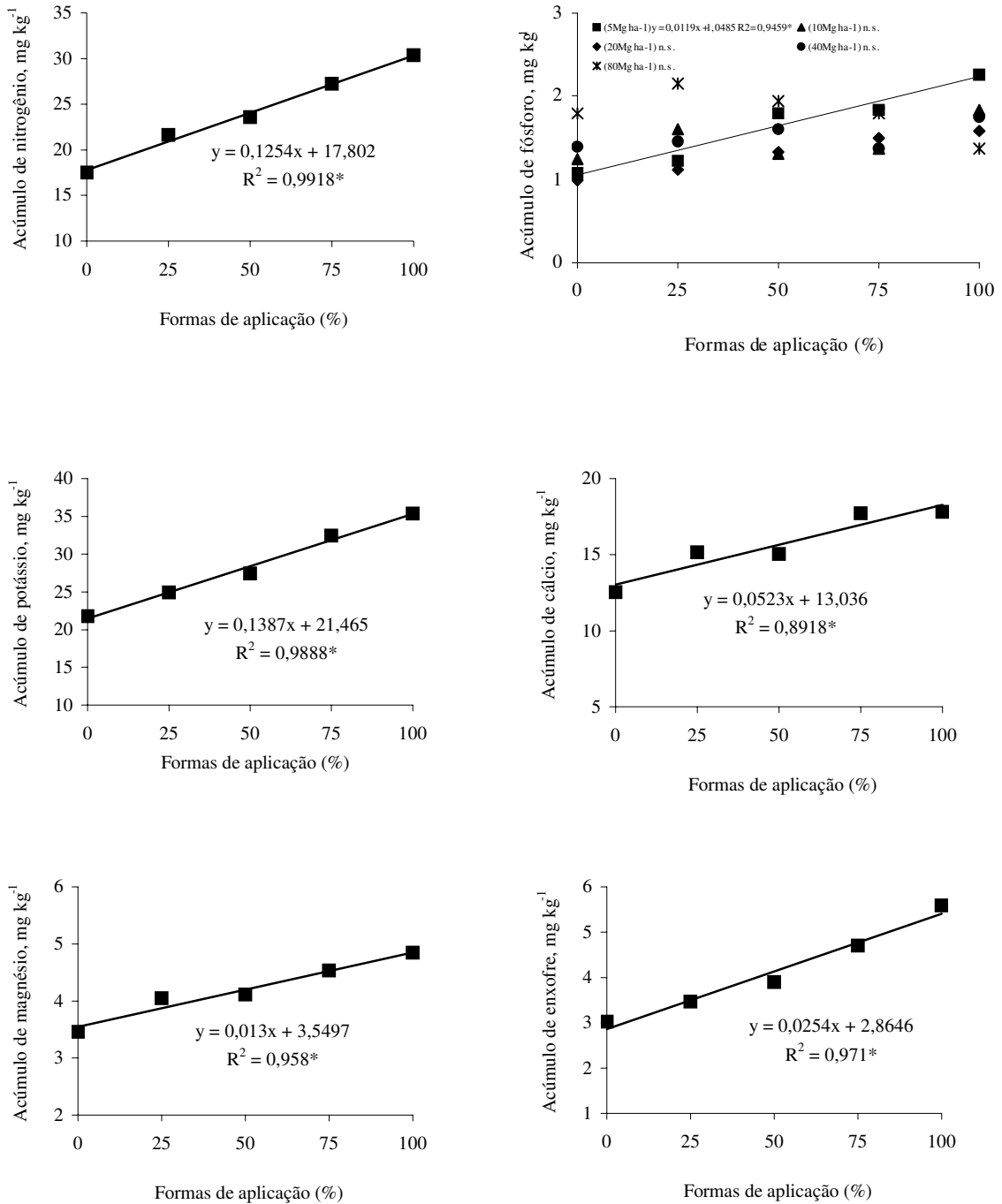


Figura 9. Acúmulo de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre na parte aérea das plantas, em razão das formas de aplicação (0, 25, 50, 75 e 100: aplicação do lodo em superfície; incorporado a 25, 50, 75 e 100% do volume de solo; respectivamente) e doses de lodo de esgoto.

Embora a condutividade elétrica do solo se tenha apresentado abaixo de $2.000\mu\text{S cm}^{-1}$ (Tabela 4) para todos os tratamentos com níveis de lodo de esgoto e formas de aplicação antes da semeadura, valores acima do qual podem ser considerados salinos (RICHARDS, 1954), ressalta-se que, de acordo com o tipo de solo e regime hídrico, os níveis de lodo empregados no presente trabalho podem ter ocasionado, mesmo temporariamente, acúmulo de sais e alguns efeitos no crescimento e nutrição da mamoneira. Efeitos prejudiciais às culturas do alho e alface foram observados por Bevacqua e Mellano (1994), com aplicação de doses de lodo de esgoto sobre a condutividade elétrica do solo. Ressalta-se que não se observou, visualmente, qualquer efeito de salinidade sobre as plantas de mamona cultivada no experimento.

7 CONCLUSÕES

As doses de lodo de esgoto promoveram aumento na altura de plantas, porém, não afetaram significativamente os teores foliares de nutrientes, os teores de nutrientes nas sementes de cachos primários e o teor de óleo da mamoneira Híbrido Lyra.

Não houve efeito das populações de plantas na altura de plantas, porcentagem das sementes nos frutos, teores foliares de nutrientes (exceto para o B) e para os teores de nutrientes nas sementes de cachos primários da mamoneira Híbrido Lyra.

As maiores produtividades de frutos e grãos de cachos primários e total (cachos primários + demais) foram obtidas com a dose de 24 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto e na população de 20.000 plantas por hectare.

A adição de lodo de esgoto e o aumento das populações de plantas proporcionou aumento de produtividade de óleo de cachos primários e total (cachos primários + demais).

O lodo de esgoto promoveu aumentos na produção de fitomassa seca e acúmulo de N, P, K, Ca, Mg e S, pela cultura da mamona, cultivar Al Guarany 2002, nas formas de aplicação de 0 (superfície), 25, 50, 75 e 100% incorporados ao volume de solo.

A aplicação (100%) das doses de lodo incorporado ao volume total de solo promoveu a maior produção de fitomassa seca e acúmulo de nutrientes, exceção para o P.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, J. G. C. do. **Variabilidade genética para características agronômicas entre progênes autofecundadas de mamona (*Ricinus communis* L.) cv. AL Guarany 2002.** 2003. 59 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP.

ANDRADE, C. A.; MATTIAZZO, M. E. Nitratos e metais pesados no solo e nas árvores após aplicação de bio sólido em plantações florestais de *Eucalyptus grandis*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, SP, n. 58, p.59-72, 2000.

ANDREOLI, C. V.; PEGORINI, E. S. Gestão pública do uso agrícola do lodo de esgoto como fonte de nutrientes para as plantas. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. (Ed.). **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto.** Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2000. p. 281-312.

ARAÚJO, A.S.F. de; MONTEIRO, R.T.R.; CARDOSO, P.F. Composto de lodo têxtil em plântulas de soja e trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.40, n.6, p.549-554, 2005.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. N. **A qualidade da água na agricultura**. Trad. GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F.; DAMASCENO, F. A. V. Campina Grande: UFPB, 1999. 218P. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29).

AZEVEDO, D. M. P. de; BELTRÃO, N. E. de M.; BATISTA, F. A. S.; LIMA, E. F.; DOURADO, V. **Definição do espaçamento e densidade de plantio da mamoneira para a região de Irecê**. Campina Grande, PB: Embrapa-CNPA, 1997a. 6p. (Embrapa-CNPA, 46).

AZEVEDO, D. M. P. de; BELTRÃO, N. E. de M.; LEÃO, A. B. Arranjo de plantas no rendimento da mamoneira. In: II CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA: Cenário Atual e Perspectivas, 2, 2006, Aracaju – SE. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. CD-ROM

AZEVEDO, D. M. P. de; BELTRÃO, N. E. de M.; LIMA, E. F.; BATISTA, F. A. S. **Efeito da população de plantas nos rendimentos da mamoneira**. Campina Grande, PB: Embrapa-CNPA, 1997b. 5p. (Embrapa-CNPA, Comunicado Técnico, 54).

AZEVEDO, D. M. P. de; NÓBREGA, L. B.; LIMA, E. F.; BATISTA, F. A. S.; BELTRÃO, N. E. de M. Manejo cultural. In: AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**, Campina Grande, PB: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p.121-160.

BELTRÃO, N. E. M.; SILVA, L. C.; VASCONCELOS, O. L.; AZEVEDO, D. M. P.; VIEIRA, D. J. Fitologia. In: AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**, Campina Grande, PB: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p. 36-61.

BERTON, R.S.; CAMARGO, O.A.; VALADARES, J.M.A.S. Absorção de nutrientes pelo milho em resposta à adição de lodo de esgoto a cinco solos paulistas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, SP, Campinas, v.13, n.2, p.187-192, 1989.

BERTON, R.S.; VALADARES, J.M.A.S.; CAMARGO, O. A. de; BATAGLIA, O.C. Peletização do lodo de esgoto e adição de CaCO_3 na produção de matéria seca e absorção de Zn, Cu e Ni pelo milho em três Latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.21, n.4, p.685-691, 1997.

BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. A disposição de lodo de esgoto em solo agrícola. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. (Ed.). **Lodo de esgoto: impactos ambientais na agricultura**. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2006. p. 25-36.

BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. (Ed.). **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2000. 312p.

BETTIOL, W.; CARVALHO, P. C. T.; FRANCO, B. J. D.C. Utilização do lodo de esgoto como fertilizante. **O Solo**, Piracicaba, SP, v.75, n.1, p.44-54, jan./jun. 1983.

BEVACQUA, R.F.; MELLANO, V.J. Cumulative effects of sludge compost on crop yields and soil properties. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.25, p.395-406, 1994.

BRADY, N.; WEIL, R.R. **The nature and properties of soils**. 13th ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2002. 960p.

BROWN, N. S.; ANGLE, J. S.; CHANEY, R. L. Correction of limed biosolid induced manganese deficiency on a long term field experiment. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 25, n. 1, p.1025-1032, 1996.

CAMARGO, O. A. de; BETTIOL, W. Utilização de lodo de esgoto na agricultura. HAMMES, V. S. (Ed.). **Ver, percepção do diagnóstico ambiental** – (Educação Ambiental para o Desenvolvimento Sustentável, v.5), Brasília, DF. Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 130 p.

CAMARGO, A. P. M. de; ZARBINI, A. V. Diagnóstico nutricional da mamoneira em resposta a adubação foliar no oeste da Bahia. II CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL. **Anais...** Varginha, MG, 2006. CD-ROM

CANECHIO FILHO, V. Resultados de experiências do experimento da mamoneira anã, variedade IAC-38. **Bragantia**, Campinas, SP, v.13, n.25, p.297-305, 1954.

CANECHIO FILHO, V.; FREIRE, E. S. Adubação da mamoneira: experiências de espaçamento x adubação. **Bragantia**, Campinas, SP, v.18, n.7, p.77-99, 1959.

CARMO, J. B. do; LAMBAIS, M. R. Impacto da aplicação de biossólidos na atividade microbiana dos solos. FERTBIO 2000, **Anais...** Santa Maria – RS, 2000. CD-ROM.

CARVALHO, W. A.; ESPÍNDOLA, C. R.; PACCOLA, A. **Levantamento de solos da Fazenda Experimental Lageado** – Estação Experimental “Presidente Médici”. Boletim da Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP, Botucatu, n. 1, p.1-94, 1983.

CHIARADIA, J. J. **Avaliação agronômica e fluxo de gases do efeito estufa a partir de solo tratado com resíduos e cultivado com mamona (*Ricinus communis* L.) em área de reforma de canavial.** Piracicaba, 2005, 105p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

CHIERICE, G. O.; CLARO, S. Aplicação industrial do óleo. In: AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**, Campina Grande, PB: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p.89-120.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Aplicação de biossólido em áreas agrícolas: critérios para projeto e operação.** São Paulo, 1999. 30p (Manual Técnico)

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução N^o 375, de Agosto de 2006. **Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerado em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências.** Disponível em: <<http://www.conama.org.br>>. Acesso em: 20 de nov. 2006.

CORRÊA, J. C. **Aplicação de escória, lama cal e lodo de esgoto na superfície do solo sob sistema de plantio direto.** Botucatu, 2005, 167p. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

CRIPPS, R.W.; MATOCHA, J.E. Effects of sewage application to ameliorate iron deficiency of grain sorghum. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.22, p.1931-1940, 1991.

DESCHAMPS, C.; FAVARETTO, N. Efeito da aplicação do lodo de esgoto complementado com fertilizante mineral na produtividade e desenvolvimento da cultura do feijoeiro e do girassol. **Sanare**, Curitiba, PR, v.8, n.8, p.33-38, 1997.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 1999. 412p.

FERNANDES, D. M. **Efeitos de níveis de molibdênio e calcário na cultura da mamona (*Ricinus communis* L.) cultivar “Guarani”**. Botucatu, 1996, 72p. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

FONSECA, A. F. **Disponibilidade de nitrogênio, alterações nas características químicas do solo e do milho pela adição de efluente de esgoto tratado**. 110p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

FREIRE, R. M. M. Ricinoquímica. In: AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**, Campina Grande, PB: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p. 295-335.

GAGLIARDI, B.; MYCZKOWSKI, M. L.; AMARAL, J. G. C. do; ZANOTTO, M. D.; JESUS, C. R. de. Avaliação de progênies selecionadas da cultivar de mamona (*Ricinus communis* L) Guarany nas condições do município de Ibitinga (SP) e São Manuel (SP). In: I CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA: Energia e Sustentabilidade, 1., 2004, Campina Grande – PB. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. CD-ROM

GIUSQUIANI, P. L.; PAGLIAI, M.; GIGLIOTTI, G.; BUSINELLI, D.; BENETTI, A. Urban waste compost: effects on physical, chemical and biochemical soil properties. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 24, n. 1, p.175-182, 1995.

GONÇALVES, N. P.; FARIA, M. A. V. de R.; SATURNINO, H. M.; PACHECO, D. D. Cultura da mamoneira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, MG, v.26, n.229, p.28-32, 2005.

GONDIM, T. M. de S.; VASCONCELOS, R. A. de; SEVERINO, L. S.; MILANI, M.; NÓBREGA, M. B. de M. Adensamento de mamoneira em condições de sequeiro em Missão Velha, CE. In: II CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA: Cenário Atual e Perspectivas, 2, 2006, Aracaju – SE. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. CD-ROM

JESUS, C. R.; ZANOTTO, M. D.; AMARAL, J. G. C. do; SÁ, R. O. de. Avaliação de linhagens da cultivar Al Guarany 2002 (*Ricinus communis* L) para cultivo de safra no município de São Manuel, São Paulo. In: I CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA: Energia e Sustentabilidade, 1., 2004, Campina Grande – PB. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. CD-ROM

KIRKHAM, B. B. Agricultural use of phosphorus in sewage sludge. **Advances in agronomy**, New York, v. 35, p. 1159-1163, 1982.

LANARV. **Laboratório Nacional de Referência Vegetal**. Análise de Corretivos, Fertilizantes e Inoculantes: Métodos Oficiais. (Ministério da Agricultura). 1988. 104p.

LANGE, A.; MARTINES, A. M.; SILVA, M. A. C. da; SORREANO, M. C. M.; CABRAL, C. P.; MALAVOLTA, E. Efeito de deficiência de micronutrientes no estado nutricional da mamoneira cultivar Íris. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.40, n.1, p.61-67, jan. 2005.

LAVRES JÚNIOR, J.; BOARETTO, R. M.; SILVA, M. L. de S.; CORREIA, D.; CABRAL, C. P.; MALAVOLTA, E. Deficiências de macronutrientes no estado nutricional da mamoneira cultivar Íris. **Pesquisa Agropecuária brasileira**, Brasília, DF, v.40, n.2, p.145-151, fev. 2005.

LAVRES JUNIOR, J.; MORAES, M. F.; CABRAL, C. P.; MALAVOLTA, M.; MALAVOLTA, E. Nutrição em B, Cu, Mn e Zn e produção da mamoneira cultivar Íris. II SIMPOL – BIODIESEL, Piracicaba, 2006. **Anais... II SIMPÓSIO DE OLEAGINOSAS**. 2006.

LIMA, C. B.; SANTOS FILHO, S. V.; OLIVEIRA, M. de; SANTOS, M. A. Absorção de nutrientes durante a fase vegetativa da mamoneira em três solos da região de Mossoró-RN sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. In: I CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA: Energia e Sustentabilidade, 1., 2004, Campina Grande – PB. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004b. CD-ROM.

LOGAN, T. J.; LINDSAY, B. J.; GOINS, L. E.; RYAN, J. A. Fiel assessment of sludge metal bioavailability to crops: sludge rate response. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 26, n. 2, p.534-550, 1997.

LOURENÇO, R.S.; ANJOS, A. R. M.dos; LIBARDI, P. L.; MEDRADO, J. S. Efeito do lodo de esgoto na produtividade de milho e feijão, no sistema de produção de bracatinga. **Sanare**, Curitiba, PR, v.5, n.5, p.90-92, jan./jun. 1996.

MACIEL, C. D. de G.; POLETINE, J. P.; VELINI, E. D.; ZANOTTO, M. D.; AMARAL, J. G. C. do; BERNARDO, R. dos S.; JARDIM, C. E.; ALVES, L. S. Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura da mamona cultivar Íris em diferentes espaçamentos de semeadura. In: II CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA: Cenário Atual e Perspectivas, 2., 2006, Aracaju – SE. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. CD-ROM

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

MARQUES, M. O. **Incorporação de lodo de esgoto em solo cultivado com cana-de-açúcar**. 111p. Tese (Livre Docência) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 1996.

MARTENS, D. A. Nitrogen cycling under different soil management systems. **Advances in agronomy**, New York, v.70, p.143-192, 2001.

MARTINS, R.S.; BATAGLIA, O.C.; CAMARGO, O.A.; CANTARELLA, H. Produção de grãos e absorção de Cu, Fe, Mn e Zn pelo milho em solo adubado com lodo de esgoto, com e sem calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.27, n.3, p.563-574, 2003.

MATHUKIA, R. K.; MODHWADIA, M. M. Response of castor (*Ricinus communis* L.) to nitrogen and phosphorus. **Indian Journal Agronomy**, Gujarat, Indian, v.38, n.1, p.152-153, 1993.

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

MELFI, A. J.; MONTES, C. R. Impactos dos bio sólidos sobre o solo. In: TSUTIYA, M. T.; COMPARINI, J. B.; SOBRINHO, P. A.; HESPANHOL, I.; CARVALHO, P. C. T.; MELFI, A. J.; MELO, W. J.; MARQUES, M. O. (Ed.). **Bio sólidos na agricultura**. São Paulo: Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP, 2001. 468p.

MELO, W. J.; MARQUES, O. M. Potencial do lodo de esgoto como fonte de nutrientes para as plantas. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. (Ed.). **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2000. p. 109-141.

MELO, W. J.; MARQUES, M. O.; MELO, V. P. O uso agrícola do bio sólido e as propriedades do solo. In: TSUTIYA, M. T.; COMPARINI, J. B.; SOBRINHO, P. A.; HESPANHOL, I.; CARVALHO, P. C. T.; MELFI, A. J.; MELO, W. J.; MARQUES, M. O. (Ed.). **Bio sólidos na agricultura**. São Paulo: Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP, 2001. p.289-364.

MELO, V. P.; MARQUES, O. M.; MELO, W. J.; MELO, G. M. P.; BERTIPAGLIA, L. M. A. Produtividade do milho em latossolos após três anos de aplicação bio sólido. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29, 2003, Ribeirão Preto – SP. **Anais...** Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo: UNESP, 2003. CD-ROM.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. Fertilizer application. In: MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. 4th Ed. Wolblaufen-Bern: International Potash Institute, 1987. cap. 6, p.303-346.

MONTEIRO, J. V. **Produtividade da mamoneira AL Guarany 2002 (*Ricinus communis* L) em função de diferentes arranjos populacionais**. Lavras, MG, 2005, 89p. Tese (Doutorado) Universidade Federal de Lavras/UFLA.

NAKAGAWA, J. **Efeitos do fósforo em dois cultivares de mamoneira (*Ricinus communis* L.) Campinas e Guarani**. Botucatu, SP. 1976. 115p. Tese (Livre Docência) – Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

NAKAGAWA, J. **Marcha de absorção de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio e efeitos da adubação NPK na mamona (*Ricinus communis* L.), Latossol Vermelho Amarelo fase arenosa.** Botucatu, SP. 1971. 66p. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

NAKAGAWA, J.; NEPTUNE, A. M. L. Marcha de absorção de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio na cultura da mamoneira (*Ricinus communis* L.) cultivar Campinas. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, Piracicaba, SP, v.28, p.323-337, 1971.

NAKAGAWA, J.; NEPTUNE, A. M. L.; JAEHN, A. Efeitos isolado e combinado de nitrogênio, fósforo e potássio na mamoneira (*Ricinus communis* L.), cultivares IAC 38 e Campinas. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, Piracicaba, SP, v.31, p.233-241, 1974.

NAKAGAWA, J.; NEPTUNE, A. M. L.; POLASTRE, R.; SAVY NETO, A. Efeitos de doses de fósforo em mamoneira (*Ricinus communis* L.) cultivar Guarani. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, Piracicaba, SP, v.36, p.331-361, 1979.

NASCIMENTO, C. W. A.; BARROS, D. A. S.; MELO, E. E. C.; OLIVEIRA, A. B. Alterações químicas em solos e crescimento de milho e feijoeiro após aplicação de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.21, p.385-392, 2004a.

NASCIMENTO, M. B. H.; LIMA, V. L. A.; BELTRÃO, N. E. de M.; SOUSA, A. P. de. Utilização de água residuária e biossólido na cultura da mamona: componentes da produção. In: I CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA: Energia e Sustentabilidade, 1., 2004, Campina Grande – PB. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004b. CD-ROM.

NASCIMENTO, M. B. H.; LIMA, V. L. A.; BELTRÃO, N. E. de M.; SOUSA, A. P. de. Utilização de água residuária e biossólido na cultura da mamona: crescimento e

desenvolvimento. In: I CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA: Energia e Sustentabilidade, 1., 2004, Campina Grande – PB. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004c. CD-ROM.

OLIVEIRA, F. C. **Disposição de lodo de esgoto e composto de lixo urbano num Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar.** 2000. 247p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

OLIVEIRA, F. C. **Metais pesados e formas nitrogenadas em solos tratados com biossólido.** 90p. Dissertação (Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

PACHECO, D. D.; SATURNINO, H. M.; GONÇALVES, N. P.; SANTOS, D. A.; LOPES, H. F.; ALMEIDA JÚNIOR, A. B. de; PINHO, D. B.; MENDES, L.D.; SOUZA, R. P. D. Diagnóstico nutricional para macronutrientes em mamoneiras adubadas com NPK em solo de chapada da bacia do Rio Jequitinhonha. II CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA: Cenário Atual e Perspectivas, 2, 2006, Aracaju – SE. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006a. CD-ROM

PACHECO, D. D.; SATURNINO, H. M.; GONÇALVES, N. P.; SANTOS, D. A.; LOPES, H. F.; SOUZA, R. P. D.; DOURADO, I. C.; ANTUNES, P. D.; RIBEIRO, D. P. Diagnóstico nutricional para micronutrientes em mamona adubada com NPK em solo de chapada da bacia do Rio Jequitinhonha. II CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA: Cenário Atual e Perspectivas, 2, 2006, Aracaju – SE. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006b. CD-ROM

PAL, R.; BHATTACHARYYA, P. Effect of municipal solid waste compost on seed germination of rice, wheat and cucumber. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v.49, n.4, p.407-414, 2003.

POLETINI, J. P.; AMARAL, J. G. C. do; ZANOTTO, M. D.; GOES MACIEL, C. D. de. Avaliação de cultivares de mamona (*Ricinus communis* L) para o Estado de São Paulo safra 2003/2004. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA: Energia e Sustentabilidade, 1., 2004, Campina Grande – PB. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. CD-ROM

PRADO, R. de M.; NATALE, W. Desenvolvimento inicial e estado nutricional do maracujazeiro em resposta à aplicação de lodo têxtil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.40, n.6, p.621-626, 2005.

RAIJ, B. V. Uso agrícola de bioossólidos. In: SEMINÁRIO SOBRE GERENCIAMENTO DE BIOSSÓLIDOS NO MERCOSUL, 1., 1998, Curitiba, PR. **Anais...** Curitiba:SANEPAR/Abes, 1998. p. 147-151.

RAIJ, B. B.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285p.

RAIJ, B. V.; QUAGGIO, J.A. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1983. 40p. Boletim Técnico, 81.

RAIJ, B. B.; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações para adubação e calagem no Estado de São Paulo**. 2ed. Campinas: Instituto Agrônomo e Fundação IAC, 1997. 285p. (Boletim Técnico, 100).

RICHARDS, L.A. **Diagnosis improvements of saline and alkaline soils**. Washington: Department of Agriculture. 1954. 160p.

ROCHA, J. L. V.; CANECHIO FILHO, V. Adubação da mamoneira: IV - Experiências de espaçamento x adubação. **Bragantia**, Campinas, SP, v.23, n.20, p.257-269, 1964.

ROCHA, M. S.; OLIVEIRA, K. C.; COSTA, M. N.; CUNHA, A. O.; CARVALHO, J. M. F. C.; SANTOS, J. W. Métodos de regeneração in vitro da mamoneira a partir de diferentes tipos de explantes. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, PB, v.7, n.1, p.647-652, 2003.

RODGERS, C.S.; ANDERSON, R.C. Plant growth inhibition by soluble salts in sewage sludge-amended mine spoils. **Journal Environmental Quality**, Madison, v.24, p.627-630, 1995.

SANTOS, R. F. dos; BELTRÃO, N. E. M.; SILVA, L. C.; VASCONCELOS, O. L.; AZEVEDO, D. M. P.; VIEIRA, D. J. Fitologia. In: AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**, Campina Grande, PB: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p. 36-61.

SANTOS, A. C. M.; FERREIRA, G. B.; XAVIER, R. M.; FERREIRA, M. M. M.; SEVERINO, L. S.; BELTRÃO, N. E. de M.; DANTAS, J. P.; MORAES, C. R. A. Deficiência de nitrogênio na mamona (*Ricinus communis* L): descrição do efeito sobre o crescimento e a produção da cultura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA: Energia e Sustentabilidade, 1., 2004, Campina Grande – PB. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. CD-ROM

SAVY FILHO, A. **Mamona Tecnologia Agrícola**. Campinas: EMOPI, 2005. 105p.

SAVY FILHO, A.; PAULO, E. M.; MARTINS, A. L. M.; GERIN, M. A. N. **Variedades de mamona do Instituto Agronômico**. Campinas: Instituto Agronômico, 1999. 12 p. (Boletim Técnico, 183).

SAVY FILHO, A. Mamona. In: RAIJ, B. B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem no Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agronômico, 1997. p.5. (Boletim Técnico, 100).

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

SEVERINO, L. S.; FERREIRA, G. B.; MORAES, C. R. de A.; GONDIM, T. M. de S.; FREIRE, W. S. de A.; CASTRO, D. A. de; CARDOSO, G. D.; BELTRÃO, N. E. de M. Crescimento e produtividade da mamoneira adubada com macronutrientes e micronutrientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.41, n.4, p.563-568, 2006b.

SEVERINO, L. S.; MORAES, C. R. de A.; GONDIM, T. M. de S.; CARDOSO, G. D.; BELTRÃO, N. E. de M. Crescimento e produtividade da mamoneira influenciada por plantio em diferentes espaçamentos entre linhas. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, CE, v.37, n.1, p.50-54, 2006c.

SHARMA, K. L.; MANDAL, U. K.; SRINIVAS, K.; VITTAL, K. P. R.; MANDAL, B.; GRACE, J. K.; RAMESH, V. Long-term soil management effects on crop yields and soil quality in a dryland Alfisol. **Soil & Tillage Research**, Hyderabad, Índian, v.5, p.346-355, 2004.

SHI, W.; MILLER, B. E.; STARK, J. M.; NORTON, J. M. Microbial nitrogen transformations in response to treated dairy waste in agriculture soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.68, n. 6, p.1867-1864, 2004.

SILVA, F. C. **Uso agronômico de lodo de esgoto: efeito na fertilidade e qualidade da cana-de-açúcar**. 170p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995a.

SILVA, F. C.; BOARETTO, A. E.; BERTON, R. S.; ZOTELLI, H. B.; PEIXE, C. A.; MENDONÇA, E. Cana-de-açúcar cultivada em solo adubado com lodo de esgoto: nutrientes, metais pesados e produtividade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.33, n.1, p.1-8, 1998b.

SILVA, J. E.; LEMAINSKI, J. Biossólido como fertilizante na produção de milho e soja no Distrito Federal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29, 2003, Ribeirão Preto – SP. **Anais...** Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo: UNESP, 2003c. CD-ROM.

SILVA, J.E.; RESCK, D.V.S.; SHARMA, R.D. Alternativa agronômica para o biossólido produzido no Distrito Federal. I. Efeito na produção de milho e na adição de metais pesados em Latossolo no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.26, n.2, p.487-495, 2002d.

SILVA, J.E.; RESCK, D.V.S.; SHARMA, R.D. Alternativa agronômica para o biossólido: a experiência de Brasília. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. (Ed.). **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2000e. p. 143-152.

SILVA, T. R. B. da; SILVA, A. R. B. da; LEITE, V. E.; VIANA, L. H.; LINS e SILVA, M. L.; VIANA, J. F. Massa seca e produtividade da mamona em função da adubação nitrogenada em cobertura. In: III CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL. 2006, Varginha, MG. **Anais...** Varginha, 2006f. CD-ROM.

SIMONETE, M.A.; KIEHL, J. de C.; ANDRADE, C.A.; TEIXEIRA, C.F.A. Efeito do lodo de esgoto em um Argissolo e no crescimento e nutrição de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.38, n.10, p.1187-1195, 2003.

SOUZA, E. C. A.; NATALE, W. Efeito do boro e do zinco na cultura da mamoneira. **Científica**, Jaboticabal, SP, v.13, p.327-333, 1997.

TSUTIYA, M.T. Alternativas de disposição final de biossólidos gerados em estações de tratamento de esgotos. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O.A. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**, Jaguariúna, SP: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. p.69-105.

TSUTIYA, M. T.; COMPARINI, J. B.; SOBRINHO, P. A.; HESPANHOL, I.; CARVALHO, P. C. T.; MELFI, A. J.; MELO, W. J.; MARQUES, M. O. (Ed.). **Biossólidos na agricultura**. São Paulo: Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP, 2001. 468p.

UGJABA, R. A. E. Growth and responses of castor oil plant to sources and rates of organic manures in ferralitic soils. **Biological Agriculture and Horticulture**, v.13, p.291-299, 1996.

VANZO, J. E.; MACEDO, L. S.; TSUTIYA, M. T.; Registros da produção de biossólidos. O caso da ETE Franca. In: TSUTIYA, M. T.; COMPARINI, J. B.; SOBRINHO, P. A.; HESPANHOL, I.; CARVALHO, P. C. T.; MELFI, A. J.; MELO, W. J.; MARQUES, M. O. (Ed.). **Biossólidos na agricultura**. São Paulo: Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP, 2001. p.227-242.