

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
CURSO DE PÓS - GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
CAMPUS II – CAMPINA GRANDE

*MODIFICAÇÕES NO AMBIENTE EDÁFICO, NA ÁGUA E NA
MAMONEIRA SUBMETIDOS AO USO DE BIOSSÓLIDO E
ÁGUA RESIDUÁRIA*

MARIA BETANIA HERMENEGILDO DO NASCIMENTO

CAMPINA GRANDE – PARAÍBA
NOVEMBRO - 2003

***MODIFICAÇÕES NO AMBIENTE EDÁFICO, NA ÁGUA E NA
MAMONEIRA SUBMETIDOS AO USO DE BIOSSÓLIDO E
ÁGUA RESIDUÁRIA***

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
CURSO DE PÓS - GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

MODIFICAÇÕES NO AMBIENTE EDÁFICO, NA ÁGUA E NA MAMONEIRA
SUBMETIDOS AO USO DE BIOSSÓLIDO E ÁGUA RESIDUÁRIA

MARIA BETANIA HERMENEGILDO DO NASCIMENTO

ORIENTADORES

Dra. VERA LUCIA ANTUNES DE LIMA
Ph.D. ADRIANUS C. van HAANDEL

CAMPINA GRANDE – PARAÍBA
NOVEMBRO - 2003

MARIA BETANIA HERMENEGILDO DO NASCIMENTO

**MODIFICAÇÕES NO AMBIENTE EDÁFICO, NA ÁGUA E NA MAMONEIRA
SUBMETIDOS AO USO DE BIOSSÓLIDO E ÁGUA RESIDUÁRIA**

Dissertação apresentada ao curso de
Mestrado em Engenharia Agrícola da
Universidade Federal de Campina Grande -
UFCG, em cumprimento às exigências para
obtenção do título de Mestre em
Engenharia Agrícola.

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

**CAMPINA GRANDE – PARAÍBA
NOVEMBRO – 2003**



N244m Nascimento, Maria Betania Hermenegildo do
Modificacoes no ambiente edafico, na agua e na mamoneira submetidos ao uso de bio-solido e agua residuaria / Maria Betania Hermenegildo do Nascimento. - Campina Grande, 2003. 75 f. : il.

Dissertacao (Mestrado em Engenharia Agricola) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciencias e Tecnologia.

1. Agua Residuaria 2. Bio-solidos 3. Ricinus Communis 4. Nutrientes 5. Salinidade 6. Dissertacao I. Lima, Vera Lucia Antunes de, Dra. II. Haandel, Adrianus Cornelius Van, Dr. III. Universidade Federal de Campina Grande - Campina Grande (PB) IV. Titulo

CDU 628.381(043)



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DA MESTRANDA

MARIA BETANIA HERMENEGILDO DO NASCIMENTO


**MODIFICAÇÕES NO AMBIENTE EDÁFICO, NA ÁGUA, NA MAMONEIRA
SUBMETIDAS AO USO DE BIOSSÓLIDOS E ÁGUA RESIDUÁRIA**

BANCA EXAMINADORA

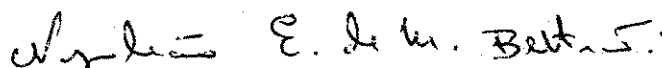
PARECER


Dra. Vera Lucia Antunes de Lima-Orientadora

APROVADO


Dr. Adrianus Cornelius van Haandel-Orientador

Aprovado


Dr. Napoleão Esberard de Macedo Beltrão-Examinador

APROVADO


Dr. Adailson Pereira de Souza-Examinador

APROVADO

NOVEMBRO - 2003

DEDICATÓRIA

**A meus pais, José Maurício e Maria do Carmo,
por tudo que sempre foram e são para mim.**

**Ao meu noivo, Marconi Coelho, pelo constante
incentivo, apoio e ajuda na realização dos propósitos
acadêmicos.**

AGRADECIMENTOS

A Deus, que me deu perseverança para transpor os obstáculos desta caminhada, estando sempre ao meu lado.

Aos meus pais, irmãos e familiares pelo apoio, e em especial a Tio Nezo e sua esposa Socorro.

Ao meu noivo Marconi Coelho pelo constante incentivo e amparo nos momentos de dificuldades.

À professora Vera Lucia Antunes de Lima, pela orientação, fornecimentos de material bibliográfico, ensinamentos transmitidos e correções no decorrer do trabalho.

Aos professores Adrianus C. van Haandel e Paula Franssinete, pela paciência, dedicação, orientação na parte de saneamento do trabalho, além de deixar a disposição o PROSAB (Programa de Saneamento Básico), para a realização deste experimento e de toda a parte de análises físico-química.

Ao professor Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão, pela dedicação, orientação, presteza, oportunidade de trabalho, ensinamentos transmitido, correções e apoio prestados.

A Romário pela montagem do experimento.

A Adriana Valéria, Nélia, Pollyana e Iacer pela ajuda nas análises sanitárias.

A Ivana Cordeiro pelas fotos tiradas durante o experimento.

Aos colegas de curso, Maria Madalena, Cláudia Germana, Anamaria Duarte, Patrício Augusto, Clenilson, e Hugo.

A todos os professores da área de Irrigação e Drenagem pelos conhecimentos transmitidos. Em especial ao professor José Dantas pelo empréstimo de materiais bibliográficos.

À secretária do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Rivanilda, pela constante ajuda nos serviços burocráticos.

Aos funcionários do Laboratório de Irrigação e Drenagem (LEID), Neide e Geraldo, pela colaboração e atenção dispensada;

À secretária de Dr. Napoleão, Tereza, pela atenção e ajuda.

À Coordenação de Aperfeiçoamento do Ensino Superior (CAPES) pelo apoio financeiro concedido.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA/Algodão), na pessoa de Dr. Napoleão, pela concessão das sementes de mamona, fertilizantes utilizados e análise do teor de óleo.

Um **agradecimento especial**, ao **Professor Adailson Pereira de Souza**, da Universidade Federal da Paraíba, Campus II – Areia – PB, pela atenção, incentivo, orientação, dedicação, em toda a parte estatística do trabalho.

Aos funcionários Naldo, Montesquiel e James do laboratório de química e fertilidade do solo, da Universidade Federal da Paraíba, Campus II – Areia – PB, pela colaboração nas atividades laboratoriais.

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS	i
LISTA DE TABELAS.....	ii
RESUMO.....	v
ABSTRACT.....	vi
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 Considerações Gerais	4
2.2 Origem e Composição das Águas Residuárias	5
2.2.1 Tratamento das Águas Residuárias.....	5
2.2.1.1 Reator Anaeróbio de Manta de Lodo.....	7
2.2.2 Aspectos Sanitários do Uso de Águas Residuárias na Irrigação	8
2.3 Reúso de Águas.....	9
2.3.1 Reúso na Agricultura	11
2.4 Qualidade de Águas para a Agricultura.....	12
2.5 Mamona	14
2.5.1 Origem e Denominação	14
2.5.2 Importância Socioeconômica	14
2.5.3 Ricinoquímica	15
2.5.4 Biodiesel.....	15
2.5.5 Importância Agronômica	16
2.5.6 Potencial Nordeste para Produção de Mamona	17
2.5.7 Situação do Brasil.....	18
2.6 Lodo de Esgotos.....	18
2.6.1 Processos de Desinfecção	19
2.6.2 Metais Pesados	20
2.6.3 Aspectos Sanitários.....	21
2.6.4 Alternativas para o Aproveitamento e/ou Disposição Final de Biossólidos.....	22
2.6.4.1 Uso Agrícola.....	23

2.6.5 Legislação e Normas Brasileiras	23
3 MATERIAIS E MÉTODOS	25
3.1 Localização	25
3.2 Clima	25
3.3 Confecção e Montagem dos Lisímetros	25
3.3.1 Material de Solo e Preenchimento dos Lisímetros	26
3.3.2 Adubaço.....	26
3.4 Água de Irrigaço	27
3.5 Sistema de Irrigaço Utilizado	28
3.6 Cultura	29
3.7 Delineamento Experimental e Tratamentos.....	29
3.8 Conduço do Experimento.....	32
3.8.1 Controle das Irrigaço e Monitoramento da Drenagem	32
3.8.2 Tratos Culturais	32
3.9 Características Avaliadas.....	33
3.9.1 Águas de Irrigaço.....	33
3.9.2 Solo	33
3.9.3 Variáveis de Crescimento da Mamona	34
3.10 Variáveis de Produço da Mamona.....	34
3.11 Análise Estatística	35
4.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
4.1 Condiço Iniciais dos Atributos Físicos e Químicos do Solo.	36
4.1.1 Atributos Físicos.....	36
4.1.2 Atributos Químicos.....	36
4.1.3 Características das Águas Utilizadas na Irrigaço.....	38
4.1.4 Caracterizaço Física e Química do Líquido Percolado	40
4.2 Atributos do Solo após o Término do Experimento.....	43
4.2.1 Atributos Físico-Hídricos do Solo	43
4.2.2 Atributos Químicos do Solo.....	43
4.2.2.1 Características da Fertilidade do Solo.....	43
4.2.2.2 Características de Salinidade do Solo	45
4.2.2.3 Micronutrientes no Solo	46

4.3 Resultados Referentes à Cultura	46
4.3.1 Análise de Crescimento não Destrutivo	46
4.3.1.1 Altura da Planta	46
4.3.1.2 Diâmetro Caulinar	47
4.3.1.3 Área Foliar	47
4.3.1.4 Números de Folhas	48
4.3.2 Componentes de Produção	48
5.0 CONCLUSÕES	66
6.0 RECOMENDAÇÕES.....	67
7.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 Sistema de drenagem.....	26
Figura 3.2 Vista interna do reator UASB.....	28
Figura 3.3 Vista Geral do experimento.....	29
Figura 3.4 Vista superior da distribuição dos lisímetros.....	31
Figura 4.1 Modelo logístico para altura (cm), função do tipo de água e doses de biossólidos (0; 75 e 150 kg N ha ⁻¹ , respectivamente).....	49
Figura 4.2 Modelo logístico para diâmetro caulinar, função do tipo de água e doses de biossólidos (0, 75 e 150 kg N ha ⁻¹ , respectivamente).....	50

LISTAS DE TABELAS

Tabela 2.1 Principais constituintes presentes nas águas residuárias e suas respectivas consequências	7
Tabela 2.2 Diretrizes recomendadas para a qualidade microbiológica das águas residuárias utilizadas na agricultura	9
Tabela 2.3 Diretrizes para a interpretação da qualidade de água para irrigação.	13
Tabela 2.4 Processos de redução de patógenos, em função da classificação do biossólido.....	22
Tabela 3.1 Características físicas e químicas do lodo de esgoto digerido	27
Tabela 4.1 Características físico-hídricas do material do solo utilizado no experimento...37	
Tabela 4.2 Características químicas do material de solo utilizado no experimento	38
Tabela 4.3 Composição físico-química das águas de abastecimento (AA) e residuária (AR) usadas no experimento.....	39
Tabela 4.4 Resultados médios dos efluentes dos tratamentos T ₁ , T ₂ ; T ₄ e T ₅ irrigados com água de abastecimento e adubados com fertilizante químico, biossólido nas doses de 0, 75 e 150 kg N ha ⁻¹ , respectivamente; T ₃ ; T ₅ e T ₇ irrigados com água residuária e adubados com biossólido nas doses de 0, 75 e 150 kg N ha ⁻¹	42
Tabela 4.5 Resumos da análise de variância das variáveis: umidade, densidade real, densidade aparente, porosidade, argila, silte e areia, sob diferentes níveis de biossólidos (0, 75 e 150 kg N ha ⁻¹) e diferentes tipos de água (abastecimento e residuária). UFCG - Campina Grande, PB. 2002	51
Tabela 4.6 Valores médios do desdobramento da interação água x doses de biossólido para a variável concentração da umidade do solo. UFCG - Campina Grande, PB. 2002.....	52
Tabela 4.7 Resumos da análise de variância das variáveis, fósforo total, potássio, cálcio, magnésio, acidez potencial, carbono, matéria orgânica, nitrogênio total, sob diferentes níveis de biossólidos (0, 75 e 150 kg N	

ha ⁻¹) e diferentes tipos de água (abastecimento e residuária). CCA/UFPB Areia, PB.....	53
Tabela 4.8 Médias das variáveis, fósforo total, sódio, magnésio, acidez potencial, carbono, matéria orgânica, nitrogênio total, em função dos tratamentos, após o término do experimento. CCA/UFPB, Areia - PB. 2002.....	54
Tabela 4.9 Valores médios do desdobramento da interação água x doses de biossólido para a variável sódio após o experimento. CCA/UFPB, Areia - PB. 2002.....	55
Tabela 4.10 Resumo da análise de variância das variáveis, condutividade elétrica, sódio, potássio, sulfato, cálcio, magnésio, bicarbonatos, cloretos, relação de adsorção de sódio (RAS) e percentagem de sódio trocável (PST), sob diferentes níveis de biossólidos (0, 75 e 150 kg N ha ⁻¹) e diferentes tipos de água (abastecimento e residuária). CCA/UFPB, Areia - PB. 2002.....	56
Tabela 4.11 Médias das variáveis condutividade elétrica – C.E., sódio, potássio, cálcio, magnésio, cloretos, após o término do experimento. UFCG/Prosab. Campina Grande, PB. 2002.....	57
Tabela 4.12 Valores médios do desdobramento da interação água x doses de biossólidos para as variáveis: bicarbonato, relação de adsorção de sódio e percentagem de sódio trocável após o experimento. UFCG/Prosab. Campina Grande, PB. 2002.....	58
Tabela 4.13 Resumo da análise de variância das variáveis: boro, cobre, ferro, manganês e zinco, sob diferentes níveis de biossólidos (0, 75 e 150 kg N ha ⁻¹) e diferentes tipos de água (abastecimento e residuária). CCA/UFPB, Areia - PB. 2002.....	59
Tabela 4.14 Médias das variáveis: boro, cobre, ferro, manganês e zinco, após o término do experimento. CCA/UFPB, Areia - PB. 2002.....	60
Tabela 4.15 Valores médios do desdobramento da interação água x doses de biossólidos para a variável cobre (mg/L), após o término do experimento. UFCG/Prosab. Campina Grande, PB. 2002.....	61

Tabela 4.16 Resumo da análise de variância da área foliar da planta aos 25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 225 e 250 após o plantio (DAP) em função das doses de biossólidos e tipo de água. UFCG/Prosab. Campina Grande, PB. 2002.....	62
Tabela 4.17 Resumo da análise de variância do número de folhas aos 25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 225 e 250 após o plantio (DAP) em função das doses de biossólidos e tipo de água. UFCG/Prosab. Campina Grande, PB. 2002.....	63
Tabela 4.18 Resumos das análises de variância das variáveis de produção, tamanho do racemo, quantidade de racemo e de frutos, peso de 100 sementes e produtividade de sementes/plantas. UFCG/Prosab. Campina Grande, PB. 2002	64
Tabela 4.19 Médias das variáveis de produção, tamanho do racemo, quantidade de racemo e de frutos, peso de 100 sementes e produtividade de sementes/planta, em função dos tratamentos. UFCG/Prosab. Campina Grande, PB. 2002.....	65

RESUMO

A água residuária e lodo de esgoto contêm elevados teores de matéria orgânica e minerais, principalmente nitrogênio, fósforo e micronutrientes. A utilização desses insumos na agricultura diminui e em alguns casos elimina a necessidade de utilização de fertilizantes químicos. Com o objetivo de avaliar os efeitos da irrigação com água residuária tratada e da adubação com biossólidos, na cultura da mamona e no solo, instalou-se um experimento no Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (PROSAB), Campina Grande, PB. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com 7 tratamentos e três repetições, em esquema de análise fatorial $[(2 \times 3) + 1]$, representados por dois tipos de água (abastecimento e residuária tratada) e três doses de biossólidos (0; 75 e 150 kg N ha⁻¹) e uma testemunha na qual se usou adubação química. Foram avaliadas nas águas utilizadas e no líquido percolado as concentrações de: matéria orgânica (DQO) e nutrientes (nitrogênio amoniacal, fósforo total e ortofosfato solúvel). Analisaram-se as seguintes variáveis para a cultura: altura da planta, diâmetro caulinar, área foliar, número de folhas, tamanho e número de racemo, número de frutos por racemo, peso de 100 sementes e a produção de sementes por planta. Para acompanhar o impacto dos insumos no solo, foram analisadas as características físico-hídricas, de fertilidade, salinidade e micronutrientes, no início e no final do experimento. As águas de irrigação utilizadas apresentaram teores de cálcio, magnésio e bicarbonatos, acima dos padrões recomendados, sendo que a água residuária apresentou ainda acima dos valores adequados a condutividade elétrica e concentrações de nitrogênio amoniacal e ortofosfato. O líquido percolado apresentou uma elevação na condutividade elétrica o que poderá elevar os riscos de salinização do solo e a provável deterioração das águas subterrâneas. Os resultados mostraram que todas as variáveis de crescimento e de produção da mamona foram superiores para os tratamentos que receberam água residuária, com destaque para a produção de sementes por planta que foi 1932%. O solo dos tratamentos irrigado com água residuária apresentou incremento de matéria orgânica, nitrogênio e fósforo, nutrientes essenciais ao crescimento e desenvolvimento da planta.

Palavras – chave: água residuária, biossólido, *Ricinus communis* L., nutrientes, salinidade.

ABSTRACT

Wastewater as well as sewage sludges have high contents of organic material and minerals, especially nitrogen and phosphorus as well as micronutrients. The use of these materials in agriculture decreases and in some cases eliminates the need for the use of chemical fertilizers. In this thesis an experimental investigation is described into the effect of irrigation with wastewater and the application of biosolids on the culture of castor bean. The work was carried out in the context of the Program for Basic Sanitation Research (PROSAB), Campina Grande, PB. The experiment was entirely randomized, with 7 treatments and 3 repetitions in a factorial scheme ($2 \times 3 + 1$) represented by two types of water (public supply and treated wastewater) and three doses of biosolids (0, 75 and 150 kg N ha⁻¹) and a witness where chemical fertilizer was applied. The water was characterized by determining the concentrations of organic material (COD) and nutrients (ammonium nitrogen and total and soluble phosphate). As for the culture the following variables were analyzed: plant height, stem diameter, leaf area, number of leaves, size and number of spike, number of per spike, weight of 100 seeds and seed production per plant. In order to accompany the impact on the soil, the physical characteristics as well as fertility, salinity and micronutrients concentrations were determined at the beginning and at the end of the experiment. The waters used for irrigation presented calcium, magnesium, bicarbonate and conductivity contents inside the recommended standards. The drainage liquid presented an elevation in the electric conductivity, increasing the risks of soil salinization and deterioration of underground waters. The treated wastewater presented, nitrogen and phosphate above adequate values. The results showed that all variables of growth and productivity of the castor bean plants irrigated with treated wastewater were superior to those irrigated with water, especially regarding the production per plant which was 1932%. The soils of the treatments with wastewater showed increase of the organic material and nitrogen and phosphorus, which are essential nutrients for the developments of the plants. The biosolids presented significant effect, for the variables: plant height, stem diameter, leaf area, number of leaves.

Key – words: wastewater, biosolids, *Ricinus communis* L, nutrition, salinity.

1 INTRODUÇÃO

O crescimento explosivo e desordenado das grandes cidades, aliado à expansão das atividades industriais, são os principais causadores da poluição das águas. O intenso aumento populacional observado nas últimas décadas tem conduzido a uma maior demanda de alimentos, o que por sua vez implica em maior consumo de agrotóxicos, fertilizantes e geração de resíduos. O destino final destes é freqüentemente o ambiente aquático, provocando a contaminação das reservas naturais de água. Atualmente, mais de um terço do planeta se encontra em situação de escassez quantitativa e qualitativa de recursos hídricos, obrigando a priorização do uso das águas superficiais para o abastecimento público e geração de energia elétrica, surgindo então a necessidade de implementação de sistemas que visem reaproveitar as águas residuárias tratadas (LEÓN & CAVALLINI, 1999; BRITO & TINOCO, 2000).

Segundo Hespanhol (2003a), o uso de água para a agricultura no Brasil, é de 70% do total consumido. Os 30% remanescentes destinam-se a usos domésticos e industriais, em partes iguais. Provavelmente, antes do término desta década, a agricultura apresente uso próximo a 80%, aumentando os conflitos que hoje ocorrem na grande maioria das bacias hidrográficas brasileiras, principalmente naquelas com desenvolvimento agrícola e urbano significativo.

Diante, desta problemática diversos são os instrumentos, mecanismos e tecnologias a serem empregadas no trato dessa questão e uma das alternativas que se têm apontado para o enfrentamento do problema é o reuso de água, importante instrumento de gestão ambiental do recurso água e detentor de tecnologias já consagradas para a sua adequada utilização (PHILIPPI JÚNIOR, 2003).

A irrigação com águas residuárias de esgotos domésticos é uma prática freqüente na maioria dos países da América Latina, por oferecer vantagens como à disponibilidade permanente de água, aporte de grande quantidade de nutrientes, aumento do rendimento dos cultivos e melhoria na qualidade do solo, além da economia com fertilizantes industriais (SILVA, 2000) sendo ainda uma alternativa viável para amenizar os problemas ocasionados pela escassez de água (AYERS & WESTCOT, 1999), eliminando uma fonte potencial de contaminação das águas subterrâneas ou superficiais, a poluição e contaminação ambiental e as doenças de veiculação hídricas (SOUSA et al., 2001).

Embora importantes vantagens justifiquem amplamente o uso das águas residuárias na agricultura, existem restrições ou riscos potenciais que devem ser considerados, como a contaminação microbiológica dos produtos, a bioacumulação de elementos tóxicos, a salinização e impermeabilidade do solo e o desequilíbrio de nutrientes no solo. Porém estes riscos podem ser reduzidos significativamente pelo tratamento dos esgotos objetivando eliminar os microrganismos patogênicos, medidas de proteção à saúde dos grupos expostos e através de diversas estratégias de manejo agrícola (LEÓN & CAVALLINI, 1999).

Com o tratamento dos esgotos surge um novo problema que é relativo ao destino dos lodos produzidos nas Estações de Tratamento. Entretanto este material pode ser reciclado, e uma das alternativas mais promissoras para a destinação final desse material é o uso agrícola, devido sua atuação como fertilizante e condicionador do solo (BERTON et al., 1989; BETTIOL et al., 1983).

A utilização do biossólido pode resultar em melhoras significativas nas propriedades químicas do solo, influenciando, de maneira positiva, na fertilidade. Vários pesquisadores relatam aumento de pH, matéria orgânica, CTC e teor de macronutrientes, principalmente N, P e Ca, em solos que receberam biossólido (BERTON et al., 1989; ROS et al., 1991; SILVA et al., 2002). Segundo Silva et al. (2002), o uso do biossólido na adubação contribui para reduzir os gastos com fertilizantes, principalmente fosfatados.

No tocante a proteção à saúde destacam-se as medidas de controle a exposição humana evitando-se contato direto com os microrganismos patogênicos ou impedindo o aparecimento de enfermidades, após ocorrido o contato. Estas medidas incluem uso de equipamentos de proteção, práticas de higiene, vacinações e informações quanto aos riscos associados ao uso das águas residuárias.

Em relação ao manejo agrícola deve-se combinar os métodos de irrigação, as práticas agrícolas e o tipo de cultura. A irrigação localizada, segundo León & Cavallini (1999) é método que gera menor risco de contaminação e protege adequadamente os grupos expostos. A seleção da cultura dependerá das características do efluente gerado, os cultivos como os florestais, ornamentais e as forrageiras são menos exigentes na qualidade de água, já que não são comestíveis e não são inseridos em contato direto com o público; ao contrário, se requer uma alta qualidade sanitária para os cultivos alimentícios, especialmente para os consumidos crus.

Tabela 4.5 Resumos da análise de variância das variáveis: umidade, densidade real, densidade aparente, porosidade, argila, silte e areia, sob diferentes níveis de biossólidos (0, 75 e 150 kg N ha⁻¹) e diferentes tipos de água (abastecimento e residuária). UFCG - Campina Grande, PB. 2002

FV	GL	Quadrados Médios						
		Umidade g 100g ⁻¹	Densidade Real g cm ⁻³	Densidade Aparente g cm ⁻³	Porosidade cm ⁻³ 100cm ⁻³	Argila g kg ⁻¹	Silte g kg ⁻¹	Areia g kg ⁻¹
Biossólidos	2	0,0029 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	0,1263 ^{ns}	1,2022 ^{ns}	0,4998 ^{ns}	2,4163 ^{ns}
Água	1	0,1800 ^{**}	0,0004 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	1,2693 ^{ns}	0,0882 ^{ns}	1,2012 ^{ns}	0,9203 ^{ns}
Biossólidos X Água	2	0,1137 ^{**}	0,0027 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	0,2999 ^{ns}	2,1066 ^{ns}	0,9078 ^{ns}	5,7217 ^{ns}
Fatorial vs Testemunha	1	0,0864 ^{**}	0,0002 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	31,3203 [*]	3,7165 ^{ns}	3,4634 ^{ns}	0,0176 ^{ns}
Tratamento	6	0,0833 ^{**}	0,0011 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	5,5737 ^{ns}	1,7371 ^{ns}	1,2467 ^{ns}	2,8690 ^{ns}
Erro	14	0,0095	0,0020	0,0005	6,7602	0,8287	1,0880	2,7313
C.V.(%)		21,31	1,69	1,49	6,03	5,10	15,64	2,18

ns não significativos pelo teste F

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F

Tabela 4.6 Valores médios do desdobramento da interação água x doses de biossólidos para a variável concentração da umidade do solo. UFCG - Campina Grande, PB. 2002

Doses de Biossólidos (kg N ha ⁻¹)	Umidade do Solo (g 100g ⁻¹)	
	Abastecimento	Residuária
0	0,4667aA	0,5333aB
75	0,4833 aA	0,5000bA
150	0,2000bB	0,7167bA

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem, pelo teste de Tukey, 5% de probabilidade.

Tabela 4.7 Resumos da análise de variância das variáveis, fósforo total, potássio, cálcio, magnésio, acidez potencial, carbono, matéria orgânica, nitrogênio total, sob diferentes níveis de biossólidos (0, 75 e 150 kg N ha⁻¹) e diferentes tipos de água (abastecimento e residuária). CCA/UFPB Areia, PB.

FV	GL	Quadrados Médios								
		PT ⁽¹⁾ mg dm ⁻³	K cmol _c L ⁻¹	Na cmol _c L ⁻¹	Ca cmol _c L ⁻¹	Mg cmol _c L ⁻¹	H ⁺ +AL ³⁺ ⁽¹⁾ cmol _c L ⁻¹	Carbono g kg ⁻¹	MO g kg ⁻¹	Nitrogênio Total ⁽¹⁾ mg kg ⁻¹
Biossólidos	2	4,0950 ^{ns}	0,0014 ^{ns}	2,5701 ^{**}	0,0650 ^{ns}	0,0039 ^{ns}	0,0009 ^{ns}	14,0600 ^{ns}	41,7540 ^{ns}	0,3493 ^{ns}
Água	1	18,5163 ^{**}	0,0004 ^{ns}	0,2386 [*]	0,0139 ^{ns}	0,2222 [*]	0,0002 ^{ns}	158,4200 [*]	470,7335 ^{**}	34,7089 ^{**}
Biossólidos X Água	2	3,4522 ^{ns}	0,0004 ^{ns}	1,2309 ^{**}	0,0072 ^{ns}	0,0172 ^{ns}	0,0223 [*]	26,7800 ^{ns}	79,6464 ^{ns}	0,0515 ^{ns}
Fatorial vs Testemunha	1	0,2475 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	0,6365 ^{**}	0,2064 [*]	0,0050 ^{ns}	0,0102 ^{ns}	0,3457 ^{ns}	1,0188 ^{ns}	1,3451 ^{ns}
Tratamento	6	5,6429 [*]	0,0005 ^{ns}	1,4129 ^{**}	0,0608 ^{ns}	0,0449 ^{ns}	0,0093 ^{ns}	40,0743 [*]	119,0922 ^{ns}	6,1426 [*]
Erro	14	1,4636	0,0008	0,0499	0,0238	0,0267	0,0045	12,6343	37,5486	1,4737
C.V.(%)		34,25	22,03	25,70	11,35	17,59	6,196	18,24	18,24	38,14

ns não significativos pelo teste F

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F

⁽¹⁾ dados transformados em $y = \sqrt{x + 1}$

Tabela 4.8 Médias das variáveis, fósforo total, sódio, magnésio, acidez potencial, carbono, matéria orgânica, nitrogênio total, em função dos tratamentos, após o término do experimento. CCA/UFPB, Areia - PB. 2002

Fatores	Quadrados Médios					
	PT mg dm ⁻³	Mg cmol _c L ⁻¹	H ⁺ +AL ³⁺ cmol _c L ⁻¹	Carbono g kg ⁻¹	Matéria Orgânica g kg ⁻¹	Nitrogênio Total mg kg ⁻¹
Tipo de Água						
Abastecimento	5,6644B	0,8111B	0,1556A	1,6466B	2,8390B	2,7611B
Residuária	23,8833A	1,0333A	0,1722A	2,2400A	3,8619A	22,7889A
Doses de Biossólidos(kg N ha ⁻¹)						
0	6,9634	0,9000	0,1500	1,8600	3,2068	15,6917
75	25,2367	0,9167	0,1650	2,1200	3,6548	9,9750
150	12,1217	0,9500	0,1767	1,8500	3,1895	12,6584
Fatorial vs Testemunha						
1	14,7739A	0,9222A	0,1639A	19,4333A	33,5039A	12,7750A
2	9,7867A	0,9667A	0,3000A	19,8000A	34,1333A	6,4167A

Para cada coluna e fator, além do contraste médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste Tukey a nível de 5% de probabilidade.

Tabela 4.9 Valores médios do desdobramento da interação água x doses de biossólidos para a variável sódio após o experimento. CCA/UFPB, Areia - PB. 2002

Doses de Biossólidos (kg N ha ⁻¹)	Sódio (mmol _c L ⁻¹)	
	Abastecimento	Residuária
0	0,2439	0,3163
75	0,3485	1,5532
150	1,2958	1,8821

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, sob mesmo tratamento, não diferem, pelo teste de Tukey, 5% de probabilidade.

Tabela 4.10 Resumo da análise de variância das variáveis, condutividade elétrica, sódio, potássio, sulfato, cálcio, magnésio, bicarbonatos, cloretos, relação de adsorção de sódio (RAS) e percentagem de sódio trocável (PST), sob diferentes níveis de biossólidos (0, 75 e 150 kg N ha⁻¹) e diferentes tipos de água (abastecimento e residuária). CCA/UFPB, Areia - PB. 2002.

FV	GL	Quadrados Médios										
		C.E	Na ⁽¹⁾	K ⁽¹⁾	SO ₄	Ca ⁽¹⁾	Mg ⁽¹⁾	HCO ₃	Cl ⁽¹⁾	RAS	PIS	
		dS m ⁻¹	mmol _c L ⁻¹	mmol _c L ⁻¹	mmol _c L ⁻¹	mmol _c L ⁻¹	mmol _c L ⁻¹	mmol _c L ⁻¹	mmol _c L ⁻¹	mmol _c L ⁻¹		
Biossólidos	2	1,3068 ^{ns}	0,4749 ^{ns}	0,0006 ^{ns}	80,0409 ^{ns}	0,0100 ^{ns}	0,0532 ^{ns}	1,7222 ^{ns}	1,0456 ^{ns}	6,5634 ^{ns}	6,5953 ^{ns}	
Água	1	64,9040 ^{**}	51,9035 ^{**}	0,0942 [*]	676,0164 ^{ns}	2,5997 [*]	1,8786 ^{**}	7,3472 [*]	51,3406 ^{**}	426,0281 ^{**}	631,4273 ^{**}	
Biossólidos X Água	2	1,8481 ^{ns}	1,4683 ^{ns}	0,0022 ^{ns}	256,1523 ^{ns}	0,3481 ^{ns}	0,3058 ^{ns}	7,0556 [*]	0,8444 ^{ns}	10,1333 [*]	11,3560 ^{**}	
Fatorial vs Testemunha	1	5,0800 [*]	4,5462 ^{**}	0,0054 ^{ns}	106,2236 ^{ns}	0,3380 ^{ns}	0,6773 ^{ns}	14,3353 ^{**}	3,6129 ^{ns}	38,1700 ^{**}	54,7932 ^{**}	
Tratamento	6	12,7157 ^{**}	10,0560 ^{**}	0,0175 ^{ns}	242,4378 ^{ns}	0,6090 ^{ns}	0,4441 ^{ns}	6,5397 ^{**}	9,7889 ^{**}	82,9319 ^{**}	120,3539 ^{**}	
Erro	14	0,7194	0,4298	0,011	379,6423	0,3808	0,1437	0,9286	0,7642	1,8877	3,0052	
C.V.(%)		24,86	15,34	8,505	20,46	22,01	15,13	20,54	17,66	18,43	20,37	

ns não significativos pelo teste F

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F

⁽¹⁾ dados transformados em $y = \sqrt{x + 1}$

Tabela 4.11 Médias das variáveis condutividade elétrica – C.E., sódio, potássio, cálcio, magnésio, cloretos, após o término do experimento. UFCG/Prosab. Campina Grande, PB. 2002.

Fatores	Variáveis					
	C.E. dS m ⁻¹	Na mmol _c L ⁻¹	K mmol _c L ⁻¹	Ca mmol _c L ⁻¹	Mg mmol _c L ⁻¹	Cl mmol _c L ⁻¹
Tipo de Água						
Abastecimento	1,7133B	6,8356B	0,3678B	5,5778B	3,9444B	11,1222B
Residuária	5,5111A	37,6500A	0,7433A	9,9444A	7,3333A	46,3444A
Doses de Biossólidos (kg N ha ⁻¹)						
0	3,3133	22,8667	0,5750	8,1667	6,2500	30,9000
75	4,1500	25,6700	0,5717	7,5834	5,7500	32,6500
150	3,3734	18,1917	0,5200	7,0833	4,9167	22,65000
Fatorial vs Testemunha						
1	3,6122A	22,2428A	0,5556A	7,6111A	5,6389A	28,7333A
2	2,2067B	9,4833B	0,4300A	5,3333A	4,6667A	15,2333A

Para cada coluna e fator, além do contraste médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste Tukey a nível de 5% de probabilidade.

Tabela 4.12 Valores médios do desdobramento da interação água x doses de biossólidos para as variáveis: bicarbonato, relação de adsorção de sódio e percentagem de sódio trocável após o experimento. UFCG/Prosab. Campina Grande, PB. 2002

Doses de Biossólidos (kg N ha ⁻¹)	HCO ₃ (mmol _c L ⁻¹)		Relação de Adsorção de Sódio		Percentagem de Sódio Trocável	
	Abastecimento	Residuária	Abastecimento	Residuária	Abastecimento	Residuária
	0	4,8333aA	6,0000abA	2,5033aB	12,8333abA	2,3700aB
75	3,5000aB	7,0000aA	3,1867aB	15,1633aA	3,3167aB	17,4267aA
150	4,8333aA	4,0000bA	3,7233aB	10,6067bA	4,0533aB	12,8367bA

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, sob mesmo tratamento, não diferem, pelo teste de Tukey, 5% de probabilidade.

Tabela 4.13 Resumo da análise de variância das variáveis: boro, cobre, ferro, manganês e zinco, sob diferentes níveis de bio sólidos (0, 75 e 150 kg N ha⁻¹) e diferentes tipos de água (abastecimento e residuária). CCA/UFPA, Areia - PB. 2002

FV	GL	Quadrados Médios				
		Boro ⁽¹⁾ mg L ⁻¹	Cobre mg L ⁻¹	Ferro mg L ⁻¹	Manganês mg L ⁻¹	Zinco ⁽¹⁾ mg L ⁻¹
Bio sólidos	2	0,0140 ^{ns}	0,0419 ^{ns}	155,4718*	0,0317 ^{ns}	0,2954 ^{ns}
Água	1	0,0995**	0,9384**	235,4450**	6,3368**	0,0018 ^{ns}
Bio sólidos X Água	2	0,0028 ^{ns}	0,2947*	78,0286 ^{ns}	0,0365 ^{ns}	0,0798 ^{ns}
Fatorial vs Testemunha	1	0,0011 ^{ns}	0,1882 ^{ns}	152,8122*	0,0000 ^{ns}	0,1277 ^{ns}
Tratamento	6	0,0224 ^{ns}	0,2999*	175,8763**	1,0788**	0,1466 ^{ns}
Erro	14	0,0098	0,0725	25,0347	0,1916	0,0703
C.V.(%)		7,362	26,01	17,08	12,64	15,30

ns não significativos pelo teste F

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F

⁽¹⁾ dados transformados em $y = \sqrt{x + 1}$

Tabela 4.14 Médias das variáveis: boro, cobre, ferro, manganês e zinco, após o término do experimento. CCA/UFPB, Areia - PB. 2002

Fatores	Variáveis		
	Boro mg L ⁻¹	Ferro mg L ⁻¹	Manganês mg L ⁻¹
Tipo de Água			
Abastecimento	1,0422A	26,7656B	2,8689B
Residuária	0,6278B	33,9989A	4,0556A
Doses de Biossólidos (kg N ha ⁻¹)			
0	0,8583	25,1833	3,3834
75	0,6984	35,3567	3,5267
150	0,9483	30,6067	3,4767
Fatorial vs Testemunha			
1	0,8350A	30,3822A	3,4622A
2	0,7667A	22,6733B	3,4667A

Para cada coluna e fator, além do contraste médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste Tukey a nível de 5% de probabilidade.

Tabela 4.15 Valores médios do desdobramento da interação água x doses de biossólidos para a variável cobre (mg L^{-1}), após o término do experimento. UFCG/Prosab. Campina Grande, PB. 2002

Doses de Biossólidos (kg N ha^{-1})	Cobre (mg L^{-1})	
	Abastecimento	Residuária
0	0,9967bA	0,6733aA
75	1,3167abA	0,5367aA
150	2,0933aA	0,6733aB

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, sob mesmo tratamento, não diferem, pelo teste de Tukey, 5% de probabilidade.

Tabela 4.16 Resumo da análise de variância da área foliar da planta aos 25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 225 e 250 após o plantio (DAP) em função das doses de bioossólidos e tipo de água. UFCG/Prosab. Campina Grande, PB. 2002

FV	GL	Quadrados Médios									
		Área Foliar									
		25 DAP ¹	50 DAP ¹	75 DAP ¹	100 DAP ¹	125 DAP ¹	150 DAP ¹	175 DAP ¹	200 DAP ¹	225 DAP ¹	250 DAP ¹
Bioossólidos (B)	2	76,9732 ^{ns}	14,2569 ^{ns}	161,6685 ^{ns}	64,2877 ^{ns}	1338,432 ^{ns}	823,8250 ^{**}	806,3360 ^{**}	430,8176 ^{ns}	3002,370 ^{ns}	1820,605 ^{ns}
Água (A)	1	186,5987 [*]	11793,29 ^{**}	34255,52 ^{**}	42726,96 ^{**}	45986,25 ^{**}	44556,05 ^{**}	48859,50 ^{**}	158016,6 ^{**}	90810,14 ^{**}	36431,28 ^{**}
BXA	2	79,4637 ^{ns}	11,9379 ^{ns}	23,9236 ^{ns}	3,8969 ^{ns}	700,7545 ^{ns}	879,2870 ^{**}	652,1412 [*]	445,2962 ^{ns}	3226,678 ^{ns}	1473,827 ^{ns}
Fatorial vs Testemunha	1	577,6852 ^{**}	454,8423 [*]	944,7217 [*]	304,4541 ^{ns}	342,5732 ^{ns}	1674,917 ^{**}	3480,792 ^{**}	15977,78 ^{**}	10994,85 [*]	5383,548 ^{ns}
Tratamento	6	179,5263 ^{**}	2216,754 ^{**}	5928,571 ^{**}	7194,630 ^{**}	8401,200 ^{**}	8306,199 ^{**}	9209,541 ^{**}	29291,10 ^{**}	19043,85 ^{**}	8067,282 ^{**}
Resíduo	14	21,99310	72,3027	166,7723	165,9412	479,8067	117,1689	107,8086	226,9199	1624,143	1370,094
C.V.		13,683	10,259	14,334	15,280	24,861	13,681	12,105	8,128	39,343	48,959

ns F não significativo pelo teste F

* F significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

** F significativo a 1% de probabilidade pelo teste F

¹ dados transformados em $y = \sqrt{x + 1}$

Tabela 4.17 Resumo da análise de variância do número de folhas aos 25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 225 e 250 após o plantio (DAP) em função das doses de biossólidos e tipo de água. UFCG/Prosab. Campina Grande, PB. 2002

FV	GL	Quadrados Médios									
		Número de Folhas									
		25 DAP ¹	50 DAP ¹	75 DAP ¹	100 DAP ¹	125 DAP ¹	150 DAP ¹	175 DAP ¹	200 DAP ¹	225 DAP ¹	250 DAP ¹
Biossólidos (B)	2	0,1253 ^{ns}	0,4124 ^{ns}	0,2654 ^{ns}	0,0477 ^{ns}	0,2071 ^{ns}	0,9148*	0,4221 ^{ns}	0,0224 ^{ns}	0,0254 ^{ns}	3,9357 ^{ns}
Água (A)	1	0,2047 ^{ns}	20,6897**	50,4378**	50,7125**	59,1749**	49,5259**	51,2138**	65,4528**	73,3596**	47,2200**
BXA	2	0,0025 ^{ns}	0,2897 ^{ns}	0,3396 ^{ns}	0,0208 ^{ns}	0,6978 ^{ns}	0,8324*	0,2889 ^{ns}	0,7320 ^{ns}	0,5391 ^{ns}	6,2325 ^{ns}
Fatorial vs Testemunha	1	0,0223 ^{ns}	2,8612**	4,2216**	1,6774 ^{ns}	0,4860 ^{ns}	2,3550**	6,0796**	1,7127 ^{ns}	12,8982**	12,9531*
Tratamento	6	0,0804 ^{ns}	4,1592**	9,3116**	8,7544**	10,2451**	9,2292**	9,7859**	11,4458**	14,5645**	13,4183**
Resíduo	14	0,0952	0,2003	0,2659	0,4933	0,4416	0,1751	0,2279	0,6137	0,8824	2,4365
C.V.		10,020	9,551	10,896	15,732	14,562	9,278	9,459	14,328	16,753	33,017

ns F não significativo pelo teste F

* F significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

** F significativo a 1% de probabilidade pelo teste F

¹ dados transformados em $y = \sqrt{x + 1}$

Tabela 4.18 Resumos das análises de variância das variáveis de produção, tamanho do racemo, quantidade de racemo e de frutos, peso de 100 sementes e produção de sementes/plantas. UFCG/Prosab. Campina Grande, PB. 2002

FV	GL	Quadrados Médios				
		Tamanho do Racemo (cm)	Quantidade de Racemo	Quantidade de Frutos	Peso de 100 Sementes (g)	Produção de sementes/planta
Biossólidos	2	66,9306 ^{ns}	13,7222 ^{ns}	273,3889 ^{ns}	4,5337 ^{ns}	0,0340 ^{ns}
Água	1	3003,125 ^{**}	364,5000 ^{**}	13068,06 ^{**}	1996,909 ^{**}	277,3771 ^{**}
Biossólidos X Água	2	79,6250 ^{ns}	15,1667 ^{ns}	12,7222 ^{ns}	43,3744 ^{ns}	0,5247 ^{**}
Fatorial vs Testemunha	1	35,0972 ^{ns}	54,6746 ^{**}	681,3413 [*]	2,5743 ^{ns}	1,1779 ^{ns}
Tratamento	6	555,2222 ^{**}	79,4921 ^{**}	2386,937 ^{**}	349,2166 [*]	35,1683 ^{**}
Erro	14	34,34524	5,1459	106,2381	113,8294	5832,662
C.V.(%)		21,98	40,36	25,37	17,06	26,287

ns não significativos pelo teste F

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F

Tabela 4.19 Médias das variáveis de produção, tamanho do racemo, quantidade de racemo e de frutos, peso de 100 sementes e produção de sementes/planta, em função dos tratamentos. UFCG/Prosab. Campina Grande, PB. 2002

Fatores	Variáveis				
	Tamanho do Racemo (cm)	Quantidade de Racemo	Quantidade de Frutos	Peso de 100 Sementes (g)	Produção de sementes/planta
Tipo de Água					
Abastecimento	14,2778A	1,7778A	16,0000A	52,1311A	31,0767A
Residuária	40,1111B	10,7778B	69,8889B	73,1967B	630,6777B
Doses de Biossólidos (kg N ha ⁻¹)					
0	24,7500	5,6667	38,1667	62,8033	335,3434
100	25,8334	8,0000	40,0000	63,4550	332,9017
200	31,0000	5,1667	50,6667	61,7334	324,3867
Fatorial vs Testemunha					
1	27,1944A	6,2778A	42,9444A	62,6639A	330,8772A
2	23,5000A	1,6667B	26,6667B	61,6633A	48,4400B

Para cada coluna e fator, além do contraste médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste Tukey a nível de 5% de probabilidade.

5.0 CONCLUSÕES

- A água residuária apresentou uma condutividade elétrica cerca de 130% maior que a água de abastecimento.
- Para os tratamentos irrigados com água residuária, o líquido percolado apresentou uma elevação na condutividade elétrica de 241%, o que poderá elevar os riscos de salinização do solo e a provável deterioração das águas subterrâneas.
- Registraram-se elevações de 725%, 321% e 36% dos teores de nitrogênio total, fósforo total e matéria orgânica do solo irrigado com água residuária.
- Houve um incremento na saturação do sódio na ordem de 420%, no solo irrigado com água residuária, quanto comparando com o irrigado com a água de abastecimento.
- Os maiores valores para a relação de absorção de sódio e para a percentagem de sódio trocável no solo foram obtidos com o uso da água residuária e a dose de biossólido de 75 kg N ha⁻¹.
- A água residuária e a adubação com 150 kg N ha⁻¹ foram quem proporcionaram os maiores valores para a altura da planta e diâmetro caulinar.
- Considerado a área foliar, foi verificado que o tipo de água foi significativo para esta variável em todos os períodos de crescimento da cultura.
- Com relação à quantidade de frutos por racemo, foi verificado que a água residuária promoveu um aumento superior a 337%, independente da dose de biossólido,
- O peso de 100 sementes sofreu um incremento em mais de 40% quando se usou água residuária.
- A água residuária influenciou significativamente, todos os componentes da produção, com destaque para a produção de sementes por planta, que atingiu 630,68 g/planta, com incremento médio de 1932%.

6.0 RECOMENDAÇÕES

Para pesquisas futuras, são sugeridas as seguintes recomendações:

- Estudar o efeito residual do lodo para outras culturas e do sódio para o solo;
- Repetir o experimento em condições de campo, fazendo o monitoramento dos impactos no meio ambiente.

7.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCÂNTARA, R. de L. **Biossólido como fonte de nutrientes para o algodão herbáceo e o seu efeito residual no milho**. 2003. 177f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2003.
- ANDREOLI, C. V.; BERNET, P. M.; FAVARIN, F.; FERREIRA, A. D. D. Aceitabilidade pública na utilização do lodo de esgoto na agricultura da região metropolitana de Curitiba. *Revista Técnica da Sanepar*, Curitiba, v. 12, n. 12, p.43-52, 1999.
- ANDREOLI, C. V.; DOMASZAK, S.; FERNANDES, F.; LARA, A. I. Proposta preliminar de regulamentação para a reciclagem agrícola do lodo de esgoto no Paraná. *Revista Técnica da Sanepar*, Curitiba, v. 7, n. 7, p.53-60, 1997.
- ARAÚJO, A. E. de.; AMORIM NETO, M. da s.; BELTRÃO, N. E. de M. Municípios aptos e épocas de plantio para o cultivo da mamoneira no Estado da Paraíba. *Revista de Oleaginosas e Fibras*, Campina Grande, v. 4, n.2, p.103-110, 2000.
- ARAÚJO, A. L. de. **Desempenho de colunas experimentais de solo irrigadas com água superficial poluída e cultivadas com alface (*Lactuca sativa*, L.)**. 1999. 130f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1999.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Tradução de GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F.; DAMASCENO, F. A. V. Campina Grande:UFPB, 1999. 153p. (Estudos FAO – Irrigação e Drenagem, 29).
- AZEVEDO, D. M. P. de; NÓBREGA, L. B. da.; LIMA, E. F.; BATTISTA, F. A. S.; BELTRÃO, N. E. DE M. Manejo Cultural. In: AZEVEDO, D. M. P. de; LIMA, E. F. (Editores). **O agronegócio da Mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2001. cap. 6, p.121-155.
- BELTRÃO, N. E. de M. Mamoneira e seu cultivo no Nordeste brasileiro: Excelente opção para a agricultura familiar, em especial no Estado da Paraíba. *Bahia Agrícola*. v. 4, n. 2, p.21-22, 2001.
- BELTRÃO, N. E. de M. **Torta de Mamona (*Ricinus Communis* L.): Fertilizante e Alimento**. Campina Grande: EMBRAPA – CNPA, 2002. 5p. (Comunicado Técnico, 171).
- BELTRÃO, N. E. de M.; SILVA, L. C. Os múltiplos usos do óleo da mamoneira (*Ricinus Communis* L.) e a importância do seu cultivo no Brasil. *Fibras e Óleos*. n.31. agosto 1999. Informativo da Embrapa Algodão.

- BELTRÃO, N. E. de M.; SILVA, L. C.; MELO, E. de B. Mamona consorciada com feijão visando produção de biodiesel, emprego e renda. **Bahia Agrícola**. v. 5, n. 2, p.34-37, 2002.
- BELTRÃO, N. E. DE M.; SILVA, L. C.; VASCONCELOS, O. L.; AZEVEDO, D. M. P.; VIEIRA, D. J. Fitologia, In: AZEVEDO, D. M. P. de; LIMA, E. F. **O agronegócio da Mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2001. cap. 2, p.37-59.
- 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 paulista. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Campinas, v. 13, p.187 – 192, 1989.
- BETTIOL, W.; CARVALHO, P. T.; FRANCO, B. J. C. D. Utilização do lodo de esgoto como fertilizante. **O Solo**, Piracicaba, v.75, p.86-89, 1983.
- BRADY, N. C. **Natureza e propriedade dos solos**. Tradução Antônio B. Neiva Figueiredo. Rio de Janeiro: Freitas Bastos. 1989. 589p.
- BRAGA, B.; HESPANHOL, I., CONEJO, J. G. L.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; NUCCI, N.; EIGER, S. **Introdução à engenharia ambiental**. São Paulo: Prentice Hall, 2002. 72-122p.
- BREGA FILHO, D.; MANCUSO, P. C. S. Conceito de reúso de água. In: MANCUSO, C. S. A; SANTOS, H. F. (eds.). **Reúso de água**. Barueri, SP: Manole, 2003. cap. 2. p.21-36.
- BRITO, L. P. de; TINOCO, J. D. Reutilização de águas residuárias tratadas em limpeza viária na cidade de Natal – RN. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2000, Porto Alegre. **Anais...Porto Alegre**, 2000.
- CARVALHO, P. de C. T. de.; CARVALHO, F. J. P. de C. Legislação sobre biossólidos, 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. (Editores). **Biossólidos na Agricultura**. São Paulo: SABESP, 2001, cap. 7. p.209-226.
- CHERNICHARO, C. A. de L. **Reatores Anaeróbios**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG. 1997. 245p.
- CHIERICE, G. O.; NETO, S. C. Aplicação Industrial do óleo, In: AZEVEDO, D. M. P. de; LIMA, E. F. (Editores). **O agronegócio da Mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2001. cap. 5, p.89-118.
- COELHO, M.A.; SONCIN, N. B. **Geografia do Brasil**. São Paulo: Moderna. 1982. 368p.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ. **Manual técnico para utilização do lodo de esgoto no Paraná**. Curitiba: SANEPAR, 1997. 96p.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ. **Reciclagem agrícola do lodo de esgoto: estudo preliminar para definição de critérios para uso agrônômico e de parâmetros para normatização ambiental e sanitária**. 2ª ed. rev. Curitiba: SANEPAR, 1999. 81p.

CONAB. Previsão e acompanhamento da safra 2002/2003, sexto levantamento, agosto/2003. URL: Disponível em: <http://www.conab.gov.br> Acessado em : Outubro 2003.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução nº 20, 18 de junho de 1986**. In: Legislação de Conservação da Natureza. 4 ed. São Paulo: FBCN/CESP, 720p. 1986

DUARTE, A. de S. **Desenvolvimento do pimentão irrigado com água residuária tratada**. 2002. 108f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

EATON, A. D.; CLESCERI, L. S.; GREENBERG, A. E. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 19h., Washington: APHA, 1995. Paginação irregular.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos**. Brasília, EMBRAPA. Produção de informação, Rio de Janeiro, EMBRAPA Solos, CNPS, 2001.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa dos Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro, EMBRAPA – CNPS, 1997 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa dos Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro, EMBRAPA – CNPS, 1979.

FEIGIN, A.; RAVINA, I.; SHALHEVET, J. Irrigation with treated sewage effluent. **Advanced Series in Agricultural Science**. v. 17, 1991. 216p.

- FIEST, L. C.; ANDREOLI, C. V.; MACHADO, M. A. de M. Efeitos da aplicação do lodo de esgoto nas propriedades físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 9. n. 9, p.48-57, 1998.
- FONSECA, A. D. da. **Disponibilidade de nitrogênio, alterações nas características do solo e do milho pela aplicação de efluente de esgoto tratado**. 2001. 126f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, São Paulo.
- FORNAZIERI JÚNIOR, A. F. **Mamona: uma rica fonte de óleo e de divisas**. São Paulo: Cone, 1986. 72p.
- FREIRE, R. M. M. Ricinoquímica. In: AZEVEDO, D. M. P. de; LIMA, E. F. (Editores). **O agronegócio da Mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2001. cap. 13, p.295-333.
- GUERRA, P. B. **A civilização da seca**. Ministério do Interior, DNOCS. Fortaleza, CE. 1981. 324p.
- HESPAÑHOL, I. Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos. In: MANCUSO, C. S. A; SANTOS, H. F. (Editores). **Reúso de água**. Barueri, SP: Manole, 2003 a. p.37-95.
- HESPAÑHOL, I. Saúde pública e reúso agrícola de esgotos e biossólidos. In: MANCUSO, C. S. A; SANTOS, H. F. (Editores). **Reúso de água**. Barueri, SP: Manole, 2003 b. p.97-123.
- HILLEL, D. **Fundamental of soil physics**. Massachusetts: Academic Press. 1980.413p.
- HOZUMI, K.; KOYAMA, H. & KIRA, T. **Intraspecific competition among higher plants**. IV. A preliminary account on the interaction between adjacent individuals. *Journal of Institut Polytechnic*. 6: 121-130, 1955. Adaptado por Beltrão, N. E. de M.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Anuário Estatístico do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2000.
- JORDÃO, E. P. & PESSOA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 3ª ed. Rio de Janeiro: ABES, 1995. 720p.
- KIEHL, E. J. **Manual de edafologia**. São Paulo: Ceres. 1979. 262p.

LEON, S. G.; CAVALLINI, J. M. **Tratamento e uso de águas residuárias**. Tradução de GHERY, H. R.; KONIG, A.; CEBALLOS, B. S. O.; DAMASCENO, F. A. V. Campina Grande: UFPB. 1999. 108p.

LIMA, V.L.A. **Efeitos da Qualidade da Água de irrigação e da fração de lixiviação sobre a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em condições de lisímetro de drenagem**. 1998. 87f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

LOPES, A. S. **Manual de fertilidade do solo**. São Paulo: ANDA/POTAFOS, 1989. 155p.

LOUREIRO, M. C. Torta de semente da mamoneira na alimentação animal. **Revista Ceres**, v. 11, n.66, p.290-294, 1962.

MALAVOLTA, E. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Fundação POTAFOS. 1997, 315p.

MARCIANO, C. R. **Incorporação de resíduos urbanos e as propriedades físico-hídricas de um Latossolo Vermelho-Amarelo**. 1999. 93f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas), Universidade de São Paulo. Piracicaba, SP.

MARQUES, M. O. **Incorporação de biossólidos em solo cultivado com cana-de-açúcar**. 1997. 111f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas), Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal, SP.

MIKI, M. K.; ANDRIGUETI, E.J.; SOBRINHO, P. A. Tratamento da fase sólida em estações de tratamento de esgotos, 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. (Editores). **Biossólidos na Agricultura**. São Paulo: SABESP, 2001. cap. 3, p.41-87.

MOREIRA, J.A.N.; LIMA,E.F.; FARIAS, F.J.C.; AZEVEDO, D.M.P. de. **Melhoramento da mamoneira (*Ricinus communis* L.)**. Campina Grande. Embrapa – CNPA, 1996. 29p. Embrapa –CNPA. Documento, 44.

NETO, M. S. A.; ARAÚJO, A. E.; BELTRÃO, N. E.de M. Clima e Solo, In: AZEVEDO, D. M. P. de; LIMA, E. F. (Editores). **O agronegócio da Mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2001. cap. 3, p.63-74.

NÓBREGA, M. B. De M.; ANDRADE, F. P. de. SANTOS, J. W. dos. LEITE, E. J. Germoplasma In: AZEVEDO, D. M. P. de; LIMA, E. F. (Editores). **O agronegócio da**

- Mamona no Brasil.** Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2001. cap. 11, p.257-280.
- OLIVEIRA, E.L. **Efeito do estresse hídrico sobre características da cultura do pimentão (*Capsicum annuum*, L.).** 1995. 86f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande. 1995.
- PAGANINI, W. da S. Reúso de água na agricultura. In: MANCUSO, C. S. A; SANTOS, H. F. (Editores). **Reúso de água.** Barueri, SP: Manole, 2003. p.339 - 431.
- PARENTE, E. J. de S. **Biodiesel: uma aventura tecnológica num país engraçado.** Fortaleza: Tecbio, 2003. 66p.
- PHILIPPI JÚNIOR, A. Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos. In: MANCUSO, C. S. A; SANTOS, H. F. (Editores). **Reúso de água.** Barueri, SP: Manole, 2003, p.37-95.
- RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação.** São Paulo, Ceres-Potafos, 1991, 343p.
- ROS, C. O., AITA, C. CERETTAM, C. A.; FRIES. M. R. Lodo de esgoto: efeito imediato no milho e residual na associação aveia – ervilhaca. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 17, p.257-261, 1991.
- SANTOS, R. F. dos.; BARROS, M. A. L.; MARQUES, F. M.; FIRMINO, P. de T.; REQUIÃO, L. E. G. Análise Econômica. In: AZEVEDO, D. M. P. de; LIMA, E. F. (Editores). **O agronegócio da Mamona no Brasil.** Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2001. cap. 1, p.17-35.
- SANTOS, R. V. dos; MURAOKA, T. Interações salinidade e fertilidade do solo. In: GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. F. de. (Editores). **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada.** Campina Grande: UFPB. 1997. cap.9, p.289-308.
- SAVY, F. A.; BANZATTO, N. V.; BARBOZA. M. Z. Mamona In: SAVY, F. A.; BANZATTO, N. V.; BARBOZA. M. Z **Oleaginosas no Estado de São Paulo: análise e diagnóstico.** Campinas, 1999, p.29-39.
- SILVA, E. L. **Relação solo-água-planta-atmosfera,** Lavras:UFLA/FAEPE, 1999.cap.1, p.1-33.
- 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**, Campinas, v. 26, n. 2, p.486-495, 2002.

- SILVA, N. L. Da., Utilização de lodo de lagoa de estabilização na cultura de sorgo granífer em casa de vegetação, In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21, 2001, João Pessoa. **Anais...**, João Pessoa, 2001, 11p.
- SILVA, S. A. Comportamento de formas de enxofre, fósforo e nitrogênio em um reservatório profundo de estabilização tratando águas residuárias domésticas., In: Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2000, Porto Alegre. **Anais...**Porto Alegre, 2000.
- SOBRINHO, P. A. Tratamento de esgoto e geração de lodo, 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. (Editores). **Biossólidos na Agricultura**. São Paulo: SABESP, 2001, cap. 2. p.7-40.
- SOUSA, J. T.; ARAÚJO, H. W. C. de.; CATUNDA, P. F. C. Reuso de esgotos sanitários para a agricultura. **4ª Conferência latino-americana sobre meio ambiente**, Belo Horizonte, 2001. Disponível em: <[http:// www.ecolatina.com.br](http://www.ecolatina.com.br)> .Acesso em 19/10/2003.
- SOUSA, J.T., LEITE, V. D. **Tratamento e utilização de esgotos domésticos na agricultura**. Capina Grande: EDUEP, 2003. 103p.
- TOME JÚNIOR., J. B. **Manual para interpretação de análise do solo**. Guaíba: Agropecuária, 1997, 247p.
- TSUTIYA, M. T. Alternativas de disposição final de biossólidos, 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. (Editores). **Biossólidos na Agricultura**. São Paulo: SABESP, 2001 a, cap. 5. p.133-180.
- TSUTIYA, M. T. Caracterização de biossólidos gerados em estações de tratamento de esgotos, 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. (Editores). **Biossólidos na Agricultura**. São Paulo: SABESP, 2001 b, cap. 4. p.89-129.
- VAN HAANDEL, A. C.; LETTINGA, G. **Tratamento Anaeróbio de Esgotos – Um manual para regiões de clima quente**. Campina Grande: Epgraf. 1994. 210p.
- VON SPERLING, M. **Noções de qualidade de água**, In: **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Belo Horizonte: UFMG, 1996. 187p.
- WEISS, E. A. **Oilseed crops**. London. Longman, 1983. 660p.

WENDT, C. W. Use of a relationship between leaf length and leaf area to estimate the leaf area of cotton (*Gossypium hirsutum* L.), castors (*Ricinus communis* L.), and sorghum (*sorghum vulgare* L.). **Agronomy Journal**, v. 59, p.484-486, 1967.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Health guidelines for use of wastewater in agriculture and aquaculture**. Report of a WHO Scientific Group, Technical Report Series. 778. WHO, 1989, Geneva. 72p.