

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA  
CURSO DE MESTRADO EM AGRONOMIA  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

FELIPE MUNIZ GADELHA SALES

RESPOSTA DA MAMONA IRRIGADA COM ESGOTO SANITÁRIO TRATADO E  
POÇO FREÁTICO ÀS APLICAÇÕES DE ZINCO E BORO EM CONDIÇÕES DE  
BAIXA ALTITUDE

FORTALEZA-CEARÁ

2008

FELIPE MUNIZ GADELHA SALES

RESPOSTA DA MAMONA IRRIGADA COM ESGOTO SANITÁRIO TRATADO E  
POÇO FREÁTICO ÀS APLICAÇÕES DE ZINCO E BORO EM CONDIÇÕES DE  
BAIXA ALTITUDE

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado em  
Agronomia do Centro de Ciências Agrárias, da  
Universidade Federal do Ceará como requisito  
parcial para obtenção do grau de Mestre em  
Agronomia, Área de Concentração: Irrigação e  
Drenagem.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Marcus Lima  
Bezerra

Fortaleza – Ceará  
2008

FELIPE MUNIZ GADELHA SALES

RESPOSTA DA MAMONA IRRIGADA COM ESGOTO SANITÁRIO TRATADO E  
POÇO FREÁTICO ÀS APLICAÇÕES DE ZINCO E BORO EM CONDIÇÕES DE  
BAIXA ALTITUDE

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado em  
Agronomia do Centro de Ciências Agrárias, da  
Universidade Federal do Ceará como requisito  
parcial para obtenção do grau de Mestre em  
Agronomia, Área de Concentração: Irrigação e  
Drenagem.

Aprovada em \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Francisco Marcus Lima Bezerra (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará - UFC

---

Prof. Dr. Suetônio Mota (conselheiro)  
Universidade Federal do Ceará – UFC

---

Prof. Ph.D. Boanerges Freire de Aquino (conselheiro)  
Universidade Federal do Ceará - UFC

Primeiramente a Deus,  
Aos meus pais, **José Luciano Sales** e  
**Mariene Gadelha Sales**, pelo amor,  
amizade, dedicação e ensinamentos que  
me passam todos os momentos em que  
estamos juntos. Aos meus irmãos  
**Fernando Muniz, Fenício Muniz e**  
**Andréa Muniz**, pelo respeito, carinho e  
atenção que têm por mim.

### **OFEREÇO**

A toda **minha família**, exemplos de vidas.  
À minha esposa, **Patrícia Kely**, pelo  
companheirismo, incentivo e paciência. À  
geração futura de sucesso: sobrinhos:  
**Cayo Luca, Fernanda Kelly e Marcus**  
**Vinícios**. Filhos: **Priscila Kayse, Wesley**  
**Muniz e Perla Kelém**.

### **DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal do Ceará (UFC), especialmente ao Curso de Mestrado em Irrigação e Drenagem (CMID), pela oportunidade de qualificação profissional.

À Fundação de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP), pela concessão da bolsa de estudos, que foi de fundamental importância durante a realização do curso.

Ao Departamento de Recursos Hídricos da UFC, o qual coordena o projeto PROSAB, pelo apoio na realização da pesquisa.

À Companhia de Águas e Esgotos do Ceará – CAGECE, parceira na realização dos trabalhos.

Ao Professor Marcus Bezerra, pela oportunidade, orientação, participação, amizade, bom humor e dedicação ao longo do curso.

Aos Professores Boanerges Aquino, Suetônio Mota e André Bezerra, pela importante contribuição dada no trabalho.

Aos participantes especiais durante a realização da pesquisa: Luciano Sales, Edyglordânia, Maria, Anderson, Onésimo, Jovelina, Diassis e Adalberto.

A todos do BNB/ETENE/FUNDECI, pelas amizades, oportunidades profissionais e sugestões durante a realização do Mestrado.

Aos meus amigos de curso: Alexandre, Andréia, Beatriz, Bruna, Cley Anderson, Crisóstomo, Danielle, Denise, Deodato, Diego, Dimas, Edivam, Eduardo Jr, Eveline, Fabilla, Fabrício, Fernando, Karine, Leila, Levi, Marcos, Nílvia, Olienaide, Regina e Thiago, pela agradável convivência durante o curso.

A todos os professores e funcionários do DENA e a todos que contribuíram diretamente ou indiretamente para a realização deste trabalho.

**“... nunca me esquecerei de que a normalidade é uma ilusão imbecil e estéril.”**  
(Oscar Wilde)

# RESPOSTA DA MAMONA IRRIGADA COM ESGOTO SANITÁRIO TRATADO E POÇO FREÁTICO ÀS APLICAÇÕES DE ZINCO E BORO EM CONDIÇÕES DE BAIXA ALTITUDE

## RESUMO

A cultura da mamona (*Ricinus communis* L.) pode ser uma opção agrícola para as áreas irrigadas do Nordeste brasileiro, principalmente nos casos de reúso de água e por sua natureza de exploração industrial para produção de biodiesel, não implicando em problemas de natureza alimentar, porém sem perder de vista os padrões recomendados pela Organização Mundial de Saúde - OMS e Vigilância Sanitária. Devido à importância dos fertilizantes na produtividade agrícola, bem como pela significância da participação desses insumos no custo de produção, torna-se imprescindível a avaliação das características e dos fatores responsáveis pelo desempenho desses produtos, a fim de maximizar a eficiência agrônômica. O zinco e o boro são os micronutrientes que, com mais frequência, se mostram deficientes em solos brasileiros. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito dos micronutrientes zinco e boro sobre a produtividade e características da planta de mamona, cultivar IAC Guarani, irrigada com água de esgoto sanitário tratado e água de poço freático quanto à sua produtividade e componentes de produção. O experimento foi conduzido no Centro de Pesquisa sobre Tratamento e Reúso de Águas Residuárias, pertencente à Companhia de Águas e Esgotos do Ceará (CAGECE), localizado na cidade de Aquiraz, Região Metropolitana de Fortaleza, a uma altitude de 14,2 m, localizado nas coordenadas 3º 54' 05" de latitude Sul e 38º 23' 28" longitude Oeste de Greenwich. A pesquisa foi realizada com dois experimentos instalados no delineamento experimental blocos ao acaso, com quatro repetições, no esquema fatorial 2 X 3, onde as variáveis dependentes foram dois tipos de água (água do poço freático e do esgoto sanitário tratado) e três níveis de zinco e três níveis de boro para os experimentos 1 e 2, respectivamente. A cultivar de mamona semeada no experimento foi a IAC Guarani, desenvolvida pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). Com base nos resultados obtidos nos experimentos, pode-se concluir que o diâmetro do caule não sofreu influência significativa com o tipo de água usada na irrigação. A altura do primeiro racemo apresentou diferença

significativa para o experimento com zinco, de acordo com a fonte de água utilizada, sendo maior quando do uso do esgoto sanitário tratado. O aumento da aplicação de boro acarretou um decréscimo na emissão de racemos terciários. Com a aplicação de 6,6 kg de boro e uso de esgoto sanitário tratado constatou-se um melhor desenvolvimento do número de frutos nos racemos secundários. Com a aplicação de boro e uso de esgoto sanitário tratado constatou-se um decréscimo no comprimento médio do racemo terciário, afetando diretamente a produção nesta ordem de racemo. Verifica-se que com a utilização de esgoto sanitário tratado, o número de frutos do racemo terciário sofre um acréscimo em torno de 48%. O experimento com boro apresentou diferenças estatísticas significativas para o peso dos frutos do racemo terciário de acordo com a fonte de água utilizada, sendo maior o peso dos frutos quando da aplicação de esgoto sanitário tratado. O peso médio das sementes por planta nos racemos terciários foi aproximadamente 42% maior para o uso da fonte de água com esgoto sanitário tratado. Utilizando-se água de esgoto sanitário tratado obtém-se uma produtividade de 161 Kg.ha<sup>-1</sup> a mais que para o uso de água de poço comum. As produtividades potenciais médias encontradas nas condições de ambos os experimentos foram: 1.485,00 Kg.ha<sup>-1</sup>, no experimento com zinco, e 1.509,00 Kg.ha<sup>-1</sup>, no experimento com boro, sem haver diferença estatística significativa entre as fontes de água utilizada.

**Palavras-chave:** *Ricinus communis*. Reúso de água. Microaspersão. Produtividade.

## ABSTRACT

Mamona's culture (*Ricinus communis* L.) could be one option to the irrigation areas from Brazilian Northeast, specially in the case of water reuse and industrial exploration to biodiesel production, it does not mean feeding problems, but without losing the standards Organização Mundial de Saúde (World Health Organization) and Vigilância Sanitária (Health Measures). Due to the importance of agriculture fertilizers, just like the production cost, it's important the characteristic assessment and the responsible factors from these products. Zinc and boron are micronutrients that, with frequency, are not efficient to Brazilian soil. The objective of this essay is to evaluate the effect of zinc and boron micronutrients in mamona's plant, product IAC Guarani, irrigated with treated drain water and water well with productivity and production components. The experiment was conducted by Water Research Center, from Companhia de Águas e Esgotos (Water and Drain) from Ceará (CAGECE), from the city of Aquiraz, metropolitan region from Fortaleza, altitude 14,2m, localization South latitude 38° 23' 28" Greenwich longitude. The research was realized in two experiments, with four repetitions, factorial diagram 2x3 with two types of water (well water and treated drain water) and three levels of zinc and boron. Mamona's cultivated from the experiments was IAC Guarani, from Instituto Agrônomo (Agronomic Institute) from Campinas (IAC). With the results from the research we could conclude that the stalk did not suffer any influence from the type of water used. The height of the first plant that we used zinc suffered difference according to the water, being bigger with treated drain water. The heights with the use of boron reduce the third plants. With the application of 6,6 kg boron and the use of treated drain water we could see a better development from the number of fruits in the second plants. With the application of boron with drain water we could see a reduction in the medium length from third plants, affecting the production. When is used the treated drain water the number of fruits from the third plants increased 48%. The experiment with boron showed statistical differences with the fruits weight from the third plants according to the water, being bigger the fruits that was used the treated drain water. The seed medium weight was approximately 42% higher with the use of treated drain water. The productivity with treated drain water was 161 kg.ha<sup>-1</sup> more than the use of common well water. The potential productivity found from both experiments was: 1.485,00 kg.ha<sup>-1</sup> with zinc and 1.509,00 with boron, without significant statistical difference about the use of water.

**Key- words:** *Ricinus communis*, water reuse, microaspiration and productivity.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Municípios com ETE's de lagoas de estabilização no Ceará. ....	26
FIGURA 2 – Croqui da área experimental.....	32
FIGURA 3 – Detalhe da área com as covas abertas.....	34
FIGURA 4 – Visão geral da cultura dos experimentos. ....	36
FIGURA 5 - Racemos em fase de maturação. ....	36
FIGURA 6 – Racemos maduros colhidos.....	36

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – Demanda de biodiesel de mamona estimada para 2006, óleo de mamona bruto, bagas de mamona e área plantada da cultura no Nordeste.....	10
QUADRO 2 – Demanda de biodiesel de mamona estimada para 2006, óleo de mamona bruto, bagas de mamona e área plantada da cultura no Nordeste, considerando inclusive a demanda de óleo para exportação.....	11
QUADRO 3 - Diretrizes da OMS (1989): Uso Agrícola de esgotos tratados.....	20
QUADRO 4 - Vazões de sistemas de lagoas de estabilização para reúso agrônômico no Ceará.....	26
QUADRO 5 - Estimativa de área irrigável para diferentes taxas de irrigação no Ceará (em ha).....	27
QUADRO 6 - Características da mamoneira, cultivar IAC Guarani.....	33

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Características da água do poço e do esgoto utilizado na irrigação no período do experimento. ....	29
TABELA 2 – Características físico-hídricas e químicas do solo no início do experimento.....	30
TABELA 3 – Volumes requeridos e aplicados de esgoto, lâminas de esgoto aplicadas e precipitação ocorrida durante a condução do experimento. Aquiraz, CE, 2008. ....	35
TABELA 4 – Análise de variância para a variável altura do primeiro racemo no experimento com zinco. ....	39
TABELA 5 – Teste Tukey para a fonte de água na variável altura do primeiro racemo do experimento com zinco.....	40
TABELA 6 – Análise de variância para a variável número de racemos terciários no experimento com boro.....	41
TABELA 7 - Teste Tukey para a fonte de adubação na variável número de racemos terciários no experimento com boro. ....	41
TABELA 8 - Análise de variância para o comprimento do racemo secundário no experimento com zinco .....	42
TABELA 9 - Teste Tukey para a fonte de água na variável comprimento do racemo secundário no experimento com zinco. ....	43
TABELA 10 - Análise de variância do efeito da adubação com boro dentro de cada fonte de água para o número de frutos (racemo secundário).....	43
TABELA 11 - Teste Tukey para o desdobramento de adubação com boro dentro da fonte de água AET (racemos secundários). ....	44
TABELA 12 - Análise de variância do desdobramento de adubação para o comprimento médio do racemo terciário no experimento com boro dentro de cada fonte de água .....	44
TABELA 13 - Teste Tukey para o desdobramento de adubação para o comprimento médio do racemo terciário no experimento com boro dentro da fonte de água AET. ....	45
TABELA 14 - Análise de variância para o número de frutos do racemo terciário no experimento com boro.....	45
TABELA 15 - Teste Tukey para a fonte de água na variável número de frutos no experimento com boro (racemo terciário).....	46
TABELA 16 - Análise de variância para o peso dos frutos do racemo terciário no experimento com boro.....	47
TABELA 17 - Teste Tukey para a fonte de água na variável peso dos frutos no experimento com boro (racemo terciário).....	48
TABELA 18 - Análise de variância para o peso das sementes do racemo terciário no experimento com boro.....	48
TABELA 19 - Teste Tukey para a fonte de água na variável peso das sementes do racemo terciário no experimento com boro .....	48
TABELA 20 - Análise de variância para a produtividade no racemo terciário no experimento com boro.....	49
TABELA 21 - Teste Tukey para a produtividade no racemo terciário no experimento com boro. ....	49

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AET – Água de Esgoto Tratado

AIA – Ácido Indol Acético

APF – Água de Poço Freático

A1R – Altura do Primeiro Racemo

CAGECE – Companhia de Águas e Esgotos do Ceará

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

DC – Diâmetro do Caule

ETE – Estação de Tratamento de Esgotos

FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos

IAC – Instituto Agrônomo de Campinas

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

OMS – Organização Mundial da Saúde

RNA – Ácido Ribonucléico

RMF – Região Metropolitana de Fortaleza

UFC – Universidade Federal do Ceará

## SUMÁRIO

RESUMO.....	vii
ABSTRACT .....	ix
LISTA DE FIGURAS .....	x
LISTA DE QUADROS .....	xi
LISTA DE TABELAS .....	xii
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS .....	13
SUMÁRIO.....	2
1. INTRODUÇÃO .....	3
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	6
2.1 Aspectos Agronômicos da cultura da Mamona.....	6
2.1.1 Principais Produtores e Tendências do Mercado .....	8
2.2 A importância dos micronutrientes boro e zinco na planta .....	12
2.3 A Utilização de águas residuárias .....	14
2.3.1 Tratamento de Esgoto Sanitário em Lagoas de Estabilização .....	16
2.4 Guias Nacionais e Internacionais para o Aproveitamento de Águas Residuárias.....	18
2.5 Experiências Nacionais e Internacionais com Reúso.....	22
2.6 Viabilidade Potencial de uma Política de Reúso no Estado do Ceará .....	25
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	28
3.1 Localização e caracterização da área experimental.....	28
3.2 Delineamento experimental .....	31
3.3 A cultura.....	32
3.4 Instalação e condução dos experimentos .....	33
3.5 Variáveis Analisadas .....	37
3.6 Análise estatística .....	38
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	39
4.1 Componentes de Crescimento .....	39
4.2 Componentes de Produção .....	40
5. CONCLUSÕES .....	52
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54

## 1. INTRODUÇÃO

A irrigação é condição indispensável ao desenvolvimento da região Nordeste do Brasil, pois a agricultura irrigada influencia positivamente os setores do comércio, indústria e serviços, promovendo, conseqüentemente, uma melhoria da qualidade de vida e reflexo nos aspectos de saúde, moradia e educação, acrescentando-se ainda, a sensibilização de conservação do meio ambiente com a necessidade de economizar água - um insumo estratégico e cada vez mais crítico para a agricultura irrigada.

Estima-se que a área irrigada no Nordeste seja de 660 mil hectares e que seu potencial de expansão seja de 1,3 milhões de hectares. Da área irrigada total do Nordeste apenas 30% é de iniciativa pública que, por sua vez, concentra-se 75% no Vale do Rio São Francisco, em função da abundância de água e da boa qualidade dos solos. A Região Nordeste apresenta graves níveis de pobreza de sua população, em especial no meio rural semi-árido, onde se pratica uma agricultura de sequeiro muito atrasada do ponto de vista tecnológico.

O semi-árido ocupa 841.261 km<sup>2</sup> de área no Nordeste e outros 54.670 km<sup>2</sup> em Minas Gerais, caracterizando-se por apresentar reservas insuficientes de água, temperaturas elevadas durante todo ano, baixas amplitudes térmicas, da ordem de 2-3 °C, forte insolação e altas taxas de evapotranspiração. As chuvas caem com totais pluviométricos irregulares e inferiores a 900 mm. Normalmente são superadas pelos elevados índices de evapotranspiração, configurando taxas negativas no balanço hídrico. A irregularidade das chuvas pode chegar a condições extremas, configurando os anos de seca.

No entanto, os problemas resultam ainda mais devido à falta de gerenciamento efetivo das ações desenvolvimentistas e da água em particular, pois

a atividade agrícola irrigada consome 70% da água captada dos mananciais nacionais e, conseqüentemente, tem-se crise de água, assim como se tem crises de alimentação, de saúde, de escola, de habitação, de administração, dentre outras.

Um declínio na disponibilidade de água para irrigação ou a má gestão dos recursos hídricos disponíveis sem investimentos compensatórios, certamente reduzirá a produção agrícola, com impactos severos na alimentação humana e segurança na saúde pública. Sobre o importante papel do reúso da água para irrigação, afirma-se que a China irriga mais de 1 milhão de hectares com água reciclada, enquanto no Arizona irriga-se praças e campos de golfe, além das plantações de algodão com água de reúso. Outros países como o Chile, México e Peru também fazem bom proveito de água já utilizada.

A lei 11.097, de 13 de janeiro de 2005, dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira, sendo fixado em 5% (cinco por cento), em volume, o percentual mínimo obrigatório de adição de biodiesel ao óleo diesel comercializado ao consumidor final, em qualquer parte do território nacional e com prazo para aplicação de até 8 (oito) anos após a publicação da Lei, ano 2013, sendo de 3 (três) anos, ano 2008, o período para se utilizar um percentual mínimo obrigatório intermediário de 2% (dois por cento). Após a publicação as culturas oleaginosas, dentre estas a mamona, no Nordeste, têm sido bastante incentivada para atender a demanda e obrigatoriedade exigida pelo governo.

A cultura da mamona (*Ricinus communis* L.) pode ser uma opção agrícola para as áreas irrigadas do Nordeste brasileiro, principalmente nos casos de reúso de água e por sua natureza de exploração industrial para produção de biodiesel, não implicando em problemas de natureza alimentar, porém sem perder de vista os padrões recomendados pela Organização Mundial de Saúde (OMS) e Vigilância

Sanitária. O principal produto da mamona é o óleo extraído da semente, onde pesquisas comprovaram que a amêndoa contém entre 43 e 50% de óleo.

Devido à importância dos fertilizantes na produtividade agrícola, bem como pela significância da participação desses insumos no custo de produção, torna-se imprescindível a avaliação das características e dos fatores responsáveis pelo desempenho desses produtos, a fim de maximizar a eficiência agrônômica.

A deficiência de enxofre (S), boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo) e zinco (Zn) pode ocorrer sob baixo uso de insumo no cultivo da mamona cultivada por agricultores familiares, reduzindo a produtividade. O zinco e o boro são os micronutrientes que, com mais frequência, se mostram deficientes em solos brasileiros. A carência destes micronutrientes reflete no crescimento e na produção, pois desempenham importantes funções na planta.

O cenário atual mostra que o Brasil vem se mantendo como um dos principais produtores mundiais de mamona em baga, tanto em termos de área colhida como na quantidade produzida. A região Nordeste é responsável por mais de 90% da produção nacional e o Estado da Bahia é o maior produtor brasileiro, seguido em segundo lugar em produção e área colhida pelo Estado do Ceará.

A expectativa de produtividade para os próximos anos é que se situe em torno de  $720 \text{ kg ha}^{-1}$ , que é muito baixa em relação ao real potencial produtivo da cultura e reflete a necessidade da melhoria dos sistemas de produção desta oleaginosa.

O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito dos micronutrientes zinco e boro sobre a mamoneira, cultivar IAC Guarani, irrigada com água de esgoto sanitário tratado e água de poço freático quanto, à sua produtividade e componentes de produção.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Aspectos Agronômicos da cultura da Mamona

Cientificamente denominada de *Ricinus comunis L.*, a mamoneira pertence à família das Euphorbiáceas, é bastante tolerante à escassez de chuvas, embora exigente em elementos nutritivos, calor e umidade. A mamoneira é uma planta monóica com inflorescência racemosa. A flor masculina contém grande número de estames e a feminina um ovário com três lojas, desenvolvendo-se uma semente em cada loja. O fruto é uma cápsula lisa ou com “espinhos”, deiscente ou indeiscente. A semente pode ser carunculada, ovalada, de tamanho grande, médio ou pequeno, apresentando coloração e teor de óleo variado (SAVY FILHO, 1999; BELTRÃO *et al.*, 2001).

A cultura é encontrada produzindo ou vegetando do Rio Grande do Sul até a Amazônia, em virtude da sua capacidade de adaptação. Trata-se de uma planta xerófila e heliófila, originária provavelmente da Ásia e explorada comercialmente entre as latitudes 40º Norte e 40º Sul (AZEVEDO *et al.*, 2001).

Desenvolve-se melhor quando cultivada em ambientes com temperatura média variando entre 20 e 30 °C, precipitação pluviométrica entre 450 e 1.000 mm ano<sup>-1</sup>, solos bem drenados e porosos. Apesar de existirem cultivos em altitudes que variam do nível do mar até 2.300 m de altitude, recomenda-se o cultivo em áreas com altitudes na faixa de 300 a 1.500 m acima do nível do mar (WEISS, 1983).

É considerada muito resistente à seca, não suportando solos alagados nem encharcados e muito sensível ao estresse hipoxítico (MAZZANI, 1983; WEISS, 1983). Além de ser colocada no grupo de espécies cultivadas muito sensíveis ao

estresse salino e sódico (AYERS; WESTCOT, 1991). No zoneamento agroecológico para os Estados do Nordeste, Beltrão *et al.* (2003) salientam que há mais de 400 municípios aptos ao seu cultivo em condições de sequeiro.

Trata-se de uma planta de metabolismo fotossintético C3, de baixa eficiência no uso da água e do nitrogênio, heliófila, de fotoperiodismo longo, adaptando-se, porém, aos trópicos, com pelo menos 12 horas de luz dia<sup>-1</sup>, não tolera nebulosidade e, que temperaturas elevadas superiores a 35°C causam reversão de sexo nas flores, predominando as masculinas (WEISS, 1983; MOSHKIN, 1986).

A mamoneira tem crescimento do tipo indeterminado no sentido da emissão de inflorescências de várias ordens e idades fisiológicas, o que inclusive traz problemas na produção mecanizada, em especial em cultivares que têm frutos deiscentes, que abrem na maturidade. A haste principal cresce verticalmente sem ramificação até o surgimento da primeira inflorescência, que tem a denominação, depois da fecundação das flores, de cacho ou racemo, com número variável de frutos, dependendo da cultivar e do ambiente (EMBRAPA, 2003).

Semelhante à haste principal, todos os ramos de 2<sup>a</sup>, 3<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup> ordens apresentam crescimento limitado, terminando sempre em uma inflorescência, formando uma estrutura simpodial (MAZZANI, 1983; BELTRÃO *et al.*, 2001). Nas regiões tropicais a mamoneira chega a ter ciclo de 250 a 300 dias, embora floresça (1<sup>o</sup> cacho) com apenas 50 a 60 dias após a germinação, como ocorre com as cultivares BRS 188 (Paraguaçu) e BRS 149 (Nordestina), além das demais em cultivo no Nordeste, em especial na Bahia, principal produtor nacional. Para uma produtividade média de 1.500 kg.ha<sup>-1</sup> de bagas, a planta produz cerca de 5 cachos, de diversas ordens, sendo que o cacho principal pode representar até metade da

produção, dependendo do ambiente e dos níveis populacionais da cultura (EMBRAPA, 2003).

A estrutura da planta da mamoneira é complexa, pois, mesmo dentro de cada ano, a maturidade é desuniforme e a cultura pode recrescer, dependendo das condições do ambiente (MOSHKIN, 1986). Desta forma, mesmo terminando a maturidade, a planta (algumas de suas partes) continua crescendo e assim não há determinação do período vegetativo, nem reprodutivo, e a maturação depende da ordem de cada cacho das plantas.

Atualmente, existem pesquisas avaliando o desenvolvimento de cultivares em baixas altitudes, irrigadas com água comum e águas residuárias, bem como o estudo do melhoramento genético com o objetivo principal de se viabilizar o cultivo em baixas altitudes e aumentar a produtividade.

O óleo extraído da semente (glicerina) é o principal produto da mamona, onde pesquisas comprovaram que a amêndoa contém entre 43 e 50% de óleo. Ela é usada nas indústrias para a manufatura de produtos como o nylon 11, óleo hidrogenado, óleo desidratado e seus ácidos graxos, óleo sulfatado e sulfonatado, ácido sebáico, poliuretanos e óleo oxidado e polimerizado. Também é usado em grande quantidade de cosméticos, artigos de toalete e sabões transparentes (CASCHEM, 1982) e, atualmente, após publicação da lei 11.097, de 13 de janeiro de 2005, com grande demanda na fabricação de Biodiesel, combustível menos poluente, com as características do petróleo e proveniente de fontes renováveis.

### **2.1.1 Principais Produtores e Tendências do Mercado**

Entre o período de 1978 a 2005, a Índia, a China e o Brasil vêm se mantendo como principais produtores mundiais de mamona em baga, tanto em termos de área

colhida como na quantidade produzida. Diferentemente do mercado mundial de mamona em baga, o mercado mundial de óleo de mamona atinge cifras significantes em todo o período analisado. De forma geral, o óleo é consumido em todos os países, sendo o consumo concentrado nos países mais industrializados. Em 2003, o volume das importações atingiu 48% do total da produção mundial de óleo, sendo a França o principal país comprador, seguido pela Alemanha, Estados Unidos da América, Japão e China, que juntos foram responsáveis por 61% das importações mundiais (SANTOS, KOURI, 2006).

A região Nordeste é responsável por mais de 90% da produção nacional e o Estado da Bahia é o maior produtor brasileiro, com uma área colhida de 182.459 ha e produção de 132.324 Mg na safra de 2005, seguido em segundo lugar em produção e área colhida pelo Estado do Ceará. O aumento da produção brasileira nos últimos anos deve-se, primordialmente, ao aumento na área colhida, que passou de 133.879 ha na safra 2002/2003 para 223.583 ha na safra 2004/2005, aumento superior a 40%. Neste mesmo período, o rendimento médio cresceu apenas 13,43%, e a expectativa para os próximos anos é que a produtividade situe-se em torno de  $720 \text{ kg ha}^{-1}$ , que é muito baixa em relação ao real potencial produtivo da cultura e reflete a necessidade da melhoria dos sistemas de produção desta oleaginosa (IBGE, 2006).

A produtividade média nacional está em  $790 \text{ Kg ha}^{-1}$ , na região Nordeste (95% da produção nacional),  $760 \text{ Kg ha}^{-1}$ , na região Sudeste,  $1.100 \text{ Kg ha}^{-1}$ , na região Centro - Oeste,  $1.430 \text{ Kg ha}^{-1}$  e na região Sul,  $1.840 \text{ Kg ha}^{-1}$  (IBGE, 2005). Estes números evidenciam que em regiões onde a cultura da mamona está sendo introduzida, o seu cultivo está associado a um nível de tecnologia mais avançado.

Neto & Carvalho (2006) afirmam que há espaço para a expansão da área plantada além do que é previsto, cabendo ao Governo Federal concentrar esforços na recuperação do preço da baga a níveis que fomentem o aumento da área a ser cultivada (Quadros 1 e 2). Há possibilidade de faltar óleo para se cumprir os contratos feitos nos leilões, por total inexistência de matéria-prima, já que a venda do óleo para exportação é bem melhor remunerada que para a produção de biodiesel. Sem que se tenha uma estrutura de esmagamento próxima ao produtor, é temerário estimular a produção sob pena de não haver demanda suficiente para o volume de bagas produzido.

Salientam, ainda, que esta realidade é válida principalmente para as áreas produtoras fora da Bahia, onde não há ainda muitas usinas esmagadoras de bagas. Logo, o Governo Federal, por meio de vias apropriadas, deve conceder instrumentos de equalização durante o período necessário para que os órgãos de pesquisa nacionais obtenham e distribuam variedades de mamona melhoradas, com produtividades e teores de óleo na baga mais elevados e que possam viabilizar a cultura como matéria-prima para a produção de biodiesel.

QUADRO 1 – Demanda de biodiesel de mamona estimada para 2006, óleo de mamona bruto, bagas de mamona e área plantada da cultura no Nordeste.

<b>Fatores</b>	<b>Unidade</b>	<b>Volume</b>
Quantidade de biodiesel demandada	m <sup>3</sup> ano <sup>-1</sup>	38.000,00
Quantidade de óleo bruto demandado*	m <sup>3</sup> ano <sup>-1</sup>	38.000,00
Volume de bagas de mamona demandada**	Mg	99.346,41
Área estimada para atender à demanda***	ha	128.687,05

**Fonte:** NETO; CARVALHO (2006).

\* Considerou-se a proporção de 1:1 óleo bruto - biodiesel.

\*\* Para esse cálculo, foi considerado teor de óleo na baga de 45% e rendimento na extração do óleo de 85%.

\*\*\*Foi considerada produtividade média estimada de 772 Kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

QUADRO 2 – Demanda de biodiesel de mamona estimada para 2006, óleo de mamona bruto, bagas de mamona e área plantada da cultura no Nordeste, considerando inclusive a demanda de óleo para exportação.

Fatores	Unidade	Volume
Quantidade de biodiesel demandada	m <sup>3</sup> ano <sup>-1</sup>	38.000,00
Quantidade de óleo bruto demandado para produção de biodiesel*	m <sup>3</sup> ano <sup>-1</sup>	81.128,00
Quantidade de óleo bruto demandada para exportação	m <sup>3</sup> ano <sup>-1</sup>	43.128,00
Volume de bagas de mamona demandada**	Mg	212.099,35
Área estimada para atender à demanda***	ha	274.740,09

**Fonte:** NETO; CARVALHO (2006)

\* Considerou-se proporção de 1:1 óleo bruto - biodiesel.

\*\* Para esse cálculo, foi considerado teor de óleo no grão de 45% e rendimento na extração do óleo de 85%.

\*\*\* Foi considerada produtividade média estimada de 772 Kg.ha<sup>-1</sup>/ano.

Diante desta realidade, urge a necessidade da irrigação da mamoneira e um estudo detalhado de sua viabilidade econômica para algumas áreas do semi-árido nordestino, pois com o aumento da produtividade em pelo menos 100%, a área para atender as atuais quantidades demandadas sofreria um decréscimo considerável (50%), além de aumentar a renda do produtor e tornar a exploração da cultura para fins de biodiesel mais viável, principalmente a nível do pequeno produtor.

Para Mazzani (1983), no manejo da irrigação deve ser ministrada pouca água em intervalos curtos e, que a irrigação deve ser suspensa um mês antes da colheita.

Em um estudo comparativo entre os efeitos da condição de sequeiro e de irrigação sobre a cultura da mamoneira, constatou-se que a irrigação foi eficiente no aumento da produtividade, sendo atribuído a dois principais fatores: o elevado número de racemos por planta e a maior quantidade de sementes, que também eram mais pesadas e continham maior teor de óleo (KOUTROUBAS *et al.*, 2000).

Koutroubas *et al.* (2000) *apud* Nobre (2007) também averiguaram que a contribuição do racemo de 1ª ordem na produtividade total reduz com o aumento na quantidade de água aplicada e, em condições de sequeiro, a participação do racemo de 1ª ordem aumenta quando se compara aos valores obtidos em regime de irrigação. Assim sendo, os racemos de 2ª e 3ª ordens passam a ter mais importância na produtividade total em condições irrigadas.

Nobre (2007) verificou que a utilização pelo produtor de maiores lâminas de irrigação na cultivar IAC Guarani aumenta o peso de 100 sementes por racemo de 2ª e 3ª ordens, refletindo na produtividade total da cultura.

Rodrigues *et al.* (2006) afirmam que a mamoneira poderá ser uma opção agrícola para as áreas irrigadas do Nordeste brasileiro, principalmente nos casos de reúso de água e por sua natureza de exploração industrial para produção de biodiesel, não implicando em problemas de natureza alimentar, porém sem perder de vista os padrões recomendados pela Organização Mundial de Saúde/OMS e Vigilância Sanitária.

## **2.2 A importância dos micronutrientes boro e zinco na planta**

O boro é um elemento estrutural, que liga as moléculas de ácidos poligalacturônicos na parede celular e fornece-lhe flexibilidade para o crescimento. Ele mantém a integridade da membrana plasmática, ajudando-a a manter sua permeabilidade seletiva, induz a produção de AIA, é necessário na formação de RNA e está envolvido no transporte de açúcares. A sua deficiência provoca desorganização estrutural da parede celular, redução do estoque de RNA, acúmulo de fenóis, morte do meristema apical, falta de germinação do tubo polínico,

fertilização deficiente e baixa formação de frutos, além de folhas com aspectos endurecidos e enrugados (MALAVOLTA *et al.*, 1989; MARSCHNER, 1995).

O Cu, Fe, Mn, Mo e Zn são grupos prostéticos de enzimas ou fazem parte da estrutura de moléculas importantes. Suas deficiências provocam cloroses internervais (Fe e Mn) ou não (Cu e Zn) nas folhas do ponteiro e reviramento de bordas e crescimento reduzido (Zn) (MARSCHNER, 1995).

A caracterização visual dos sintomas de deficiência de S, B, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn na mamoneira pode ser uma ferramenta eficiente e de baixo custo para o agricultor monitorar o estado nutricional dessa cultura no campo. Entretanto, não se têm na literatura descrições efetivas e bem ilustradas a esse respeito. A deficiência de boro se manifesta pela maior sensibilidade ao estresse hídrico, pecíolos quebradiços e falhas na fertilização e frutificação. Perdas substanciais de produtividade ocorrem sob deficiência de B, S e Cu. Os sintomas de deficiência dos demais micronutrientes não foram observados claramente, exceto o Mo, que se verificou ligeira perda de cor esverdeada nas folhas inferiores (FERREIRA, 2004).

Segundo Lange *et al.* (2005), a omissão de B resulta em deformações no limbo foliar e perda da dominância apical, enquanto que a omissão de Cu, Mo e Zn não chegou a provocar sintomas visuais de deficiência e nem redução na produção de matéria seca total nas plantas. Já a omissão de Fe é a que mais limita a produção de matéria seca da mamoneira, seguida pela omissão de Mn e B.

A mamoneira exporta da área de cultivo cerca de 80 kg ha<sup>-1</sup> de N, 18 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 32 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, 13 kg ha<sup>-1</sup> de CaO e 10 kg ha<sup>-1</sup> de MgO para cada 2.000 kg ha<sup>-1</sup> de baga produzida. No entanto, a quantidade de nutrientes absorvida aos 133 dias da germinação chega a 156, 12, 206, 19 e 21 kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, CaO e MgO, respectivamente, o que indica alto requerimento de nutrientes para obtenção

de produtividade adequada (CANNECCHIO FILHO; FREIRE, 1958; NAKAGAWA; NEPTUNE, 1971 *apud* SEVERINO *et al.*, 2006).

Não existem dados na literatura sobre teores adequados de micronutrientes na mamona, havendo grande carência de informações sobre a tecnologia para fertilização do solo para esta cultura. Além disso, existem poucos relatos sobre o comportamento da mamoneira sob diferentes condições, como cultivares, níveis de fertilidade do solo, clima e disponibilidade de água. Essa planta é sensível à acidez do solo e exigente em fertilidade, sendo possível aumentar sua produtividade pelo adequado fornecimento de nutrientes por meio da adubação (SOUZA; NEPTUNE, 1976; WEISS, 1983 *apud* SEVERINO *et al.*, 2006).

### **2.3 A Utilização de águas residuárias**

As expressões “reúso de água” e “utilização de águas residuárias” são sinônimos. Marrecos do Monte (1994) *apud* Mellis *et al.* (2004) afirma que a reutilização da água consiste no uso de águas residuárias, que nada mais é do que o produto de uma primeira utilização da água, geralmente para finalidades diferentes da primeira e após tratamento. Nas línguas inglês, francês e espanhol há um termo específico para “reúso de águas” e o seu significado é compreendido de maneira mais simples como a utilização de águas residuárias.

Tomando-se por base os aspectos do aumento do consumo, a diminuição das reservas disponíveis e o crescente aumento da poluição dos recursos hídricos, vem à tona o tema “*reúso ou reutilização de águas residuais*”.

O reúso de águas residuais pode ser conduzido de quatro maneiras diferentes (COSTA; BARROS JÚNIOR, 2005):

- *Reúso indireto não planejado da água:* a água utilizada em atividades humanas é descarregada no meio ambiente e reutilizada, a jusante, de forma diluída, de maneira não intencional e não controlada. Ao caminhar até o ponto de captação para o novo usuário, a mesma está sujeita a diluição e depuração.
- *Reúso indireto planejado da água:* neste caso, os esgotos, depois de tratados, são descarregados de forma planejada nos corpos de águas superficiais ou subterrâneas, para serem utilizados a jusante, de maneira controlada, no atendimento de algum uso benéfico. O reúso indireto planejado admite que existe algum controle sobre as novas descargas que ocorrem durante o caminho, não alterando, portanto, os requisitos de qualidade de reúso objetivado.
- *Reúso direto planejado da água:* os esgotos, após tratamento, são jogados diretamente no local de reúso, não sendo descarregados no meio ambiente. É o caso de maior ocorrência, destinando-se a uso em indústria ou irrigação.
- *Reciclagem da água:* é o caso mais comum de reúso interno da água, antes mesmo de sua descarga em um sistema geral de tratamento ou outro local de disposição. Este é um caso particular de reúso direto planejado.

O reúso de águas, por meio da utilização das águas residuárias de Estações de Tratamento de Esgotos (ETE's), consiste em uma das estratégias para ampliar a disponibilidade de água, conservar os recursos hídricos existentes e promover a redução do impacto ambiental por meio do desenvolvimento de novos métodos de aproveitamento e preservação.

Deve-se considerar que ao projetar sistemas de tratamento de esgotos, os gestores se preocupem também com o reúso de seus esgotos, dando-lhes um destino mais útil que o simples despejar em rios ou córregos, sem um planejamento sistêmico que avalie outras possibilidades de uso e/ou disposição dos resíduos. Os

esgotos tratados devem ser encarados como matéria-prima e não como rejeito. Por esta visão, a ampliação dos sistemas de coleta de esgoto contribuirá para a preservação dos recursos hídricos, necessidade esta que vem sendo defendida por especialistas e organismos de todos os países (GIORDANI; SANTOS, 2003).

Além da necessidade de se desenvolver uma cultura e uma política de conservação de água em todos os setores da sociedade, o aproveitamento consciente e planejado de águas residuárias de baixa qualidade, dentre elas as águas de drenagem agrícola, águas salobras e, principalmente, de esgotos domésticos e industriais, constitui o mais moderno e eficaz instrumento de gestão para garantir a sustentabilidade dos recursos hídricos no Brasil (SOUZA, N. C., 2006).

### **2.3.1 Tratamento de Esgoto Sanitário em Lagoas de Estabilização**

#### **2.3.1.1 Lagoas de Estabilização**

Lagoas de estabilização são corpos de água de pouca movimentação, normalmente de configurações retangulares ou quadradas, construídas por escavações rasas, cercadas de taludes de terra. O tratamento de esgotos ocorre de forma natural por meio de processos físicos, químicos e biológicos. As bactérias são os principais responsáveis pela decomposição da matéria orgânica solúvel presente no esgoto (SOUZA; LEITE, 2002).

O processo conhecido genericamente como Lagoas de Estabilização é um dos processos de tratamento de esgotos mais difundidos no mundo. Por se tratar de processo de baixo custo de implantação e grande facilidade operacional, as lagoas de estabilização são bastante atrativas, mesmo quando comparadas com as técnicas mais modernas de tratamento, principalmente em países onde a

disponibilidade de área não é um fator limitante (NEDER; KLAUSS DIETER *et al.*, 2000).

Tsutiya (2001) afirma que as lagoas de estabilização constituem a tecnologia mais adequada para tratamento de esgotos para uso agrícola. As principais vantagens da utilização de lagoas de estabilização são: simplicidade de construção, baixo custo de operação e manutenção e grande eficiência na remoção de matéria orgânica; como desvantagens: necessidades de grandes áreas para sua implantação, possível liberação de maus odores e elevado crescimento de algas.

Os sistemas de lagoas de estabilização podem ser classificados de acordo com a presença de oxigênio.

#### **2.3.1.2 Lagoas Anaeróbias**

São geralmente utilizadas precedendo lagoas de estabilização fotossintéticas, pois não dependem da ação fotossintética das algas, podendo assim ser construída com uma profundidade maior. Este tipo de lagoas tem sido utilizado para o tratamento de esgotos domésticos e despejos industriais predominantemente orgânicos, como os matadouros, laticínios, bebidas, etc. As lagoas anaeróbias são responsáveis pelo tratamento primário dos esgotos. Elas são dimensionadas para receber cargas orgânicas elevadas, que impedem a existência de oxigênio dissolvido no meio líquido. Sua profundidade normalmente varia de 3,0 m a 4,5 m e o tempo de detenção hidráulico nunca é inferior a três dias (VON SPERLING, 2002 *apud* SOUZA, N. C., 2006).

### **2.3.1.3 Lagoas Facultativas ou Fotossintéticas**

Estes tipos de lagoas tratam o esgoto em sua parte superior pela via aeróbia, com oxigênio sendo fornecido pela fotossíntese das algas. Os sólidos sedimentáveis do esgoto vão para a parte inferior da lagoa, onde sofrem uma estabilização anaeróbia (SABESP, 2001). As lagoas facultativas são responsáveis pelo tratamento secundário dos esgotos. Em geral, essas unidades apresentam profundidade que variam de 1,00 a 1,50 m e tempos de detenção hidráulico próximos a vinte dias.

## **2.4 Guias Nacionais e Internacionais para o Aproveitamento de Águas Residuárias**

Apesar do relatado potencial para o aproveitamento de águas tratadas de esgotos sanitários em irrigação, o manejo inadequado das irrigações com esgotos sanitários pode resultar em sérios riscos à saúde, efeitos deletérios no solo e nas plantas e em impactos ambientais, como a lixiviação de poluentes e a contaminação de águas subterrâneas (BASTOS, 2003).

Nas três últimas décadas a irrigação com esgotos sanitários tornou-se uma prática crescente em todo o mundo, algumas vezes acompanhada de rígido controle sanitário e outras não, impondo sérios riscos à saúde pública. Logo, uma avaliação dos riscos de saúde pública e ambiental da utilização de esgotos na irrigação é fundamental para o fomento às boas práticas de produção (DALTRO FILHO, 2004).

A primeira legislação a contemplar o reúso de água foi o relatório da “Royal Commission on Sewage Disposal in England”, em 1865, que aprovou oficialmente tal prática. Em 1918, o Departamento de Saúde do Estado da Califórnia estabeleceu critérios de qualidade para irrigação.

Destacam-se entre os demais estados, a Califórnia e a Flórida, que possuem critérios específicos para o reúso potável indireto e planejado. As diretrizes Federais estão estabelecidas na USEPA, de 1992. (MELLIS, G. V., 2004).

No Brasil, ano de 2005, foi baixada a resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA nº 357, que dispõe sobre a classificação dos corpos águas e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Nesta classificação encontramos o estabelecimento de parâmetros físico-químicos para cada uma das classes. Vale ressaltar que as regras estabelecidas na Resolução CONAMA nº 357 não satisfazem os problemas que eventualmente poderão aparecer no reúso de águas.

A Constituição Federal de 1988, é a lei que instituiu a Política Nacional dos Recursos Hídricos, Lei n.º 9.433/97, trouxeram a consciência de que os recursos hídricos têm fim, e encontram-se em escassez. O país despertou para temas como a racionalização do uso primário da água, estabelecendo princípios e instrumentos para a sua utilização. Porém, não houve por parte do legislador preocupação quanto a fixação de princípios ou critérios para a reutilização da água (SETTI, 1995).

Entretanto, a legislação em vigor, ao instituir os fundamentos da gestão dos recursos hídricos, abriu a possibilidade para a hipótese do reúso de água, como sendo uma forma de utilização racional e preservação ambiental, que juntamente com a aplicação de tecnologia específica, amenizariam o problema da escassez da água, garantindo a existência desse bem natural, que é essencial à vida dos seres vivos e das plantas.

Desde a reunião da Organização Mundial de Saúde/OMS de 1989, após várias reuniões e algumas controvérsias, muitos trabalhos têm sido realizados a fim

de que possam ser desenvolvidos padrões para águas residuárias destinadas à irrigação e demais usos, considerando as bases epidemiológicas mais racionais.

Na falta de normas, têm sido observadas as recomendações da OMS de 1989, que, tratando-se de irrigação irrestrita, recomenda menos de um (1) ovo de helminto por litro e menor ou igual a mil (1000) coliformes fecais por litro (Quadro 4). Essas recomendações não parecem muito rigorosas, mesmo tratando-se de irrigação de alimentos que podem ser ingeridos crus, sendo, ao mesmo tempo, omissas em relação aos protozoários e vírus. Para alguns países desenvolvidos é considerada como não exigente suficientemente.

QUADRO 3 - Diretrizes da OMS (1989): Uso Agrícola de esgotos tratados.

<b>Categoria</b>	<b>Condições de Reúso</b>	<b>Grupo exposto</b>	<b>Ovos de helmintos/l<sup>(b)</sup> (média aritmética)</b>	<b>CF/100 mL<sup>(c)</sup> (média geométrica)</b>
<b>A</b>	Irrigação de culturas que são ingeridas cruas, campos de esporte e parques públicos. <sup>(d)</sup>	Trabalhadores, consumidores, público	≤ 1	≤ 1000 <sup>(d)</sup>
<b>B</b>	Irrigação de culturas não ingeridas cruas como cereais, para a indústria, pastos, forragem e árvores.	Trabalhadores	≤ 1	Não se recomenda
<b>C</b>	Irrigação de culturas da categoria B se o público e os trabalhadores não ficam expostos.	Nenhum	Não se aplica	Não se aplica

- (a) Em casos específicos, de acordo com os fatores ambientais, epidemiológicos, locais e socioculturais, devem ser consideradas modificações das recomendações;
- (b) Espécies dos nematóides *Ascaris*, *Trichuris*, *Necator americanus* e *Ancilostoma duodenale*
- (c) durante o período de irrigação;
- (d) Recomendações mais rigorosas devem ser consideradas (≤ 200 CF/100 mL) para gramados públicos onde o público tem contato direto;
- (e) No caso de árvores frutíferas, a irrigação deve ser suspensa duas semanas antes da colheita, sem que sejam apanhadas do chão.

Para o estado do Ceará, existe a portaria N° 154, de 22 de Julho de 2002, da Superintendência Estadual do Meio Ambiente/SEMACE, onde afirma que a reutilização de esgotos de origem doméstica em atividades agronômicas (irrigação e drenagem, dessedentação de animais e aquicultura) deverá obedecer aos seguintes limites:

I - Atividades Tipo 1:

Irrigação de vegetais ingeridos crus e sem remoção de película, dessedentação de animais e aquicultura, conforme se segue:

- a) Coliformes fecais\* < 1000 CF/100 mL.
- b) Ovos de geohelmintos\*\* < 1 ovo/L de amostra.
- c) Condutividade elétrica < 3000  $\mu$ S/cm

II - Atividades Tipo 2:

Aquelas não referidas no inciso anterior, conforme se segue:

- a) Coliformes fecais\* < 5000 CF/100 mL.
- b) Ovos de geohelmintos\*\* < 1ovo/L de amostra.
- c) Condutividade elétrica < 3000  $\mu$ S/cm

\* Os limites da alínea "a", I e II, serão auferidos pela média geométrica de amostras coletadas durante 5 (cinco) semanas consecutivas.

\*\* Os limites da alínea "b", I e II, serão auferidos pela média aritmética de amostras coletadas durante 5 (cinco) semanas consecutivas.

Atualmente, as principais companhias de saneamento já fazem estudos de viabilidade para vender a água proveniente de estações de tratamento de esgoto (ETE's) para produtores agrícolas. A prática do reúso começa a tomar corpo no Brasil e, uma vez regulamentada a venda deste produto (água residuária), esta alternativa deverá expandir-se para outras atividades. O reúso pode acrescentar

vantagens ambientais, como a diminuição da pressão sobre os rios e aumento da produtividade, pois a água de reúso contém nutrientes e matéria orgânica.

## **2.5 Experiências Nacionais e Internacionais com Reúso**

MOTA *et al.* (2007), afirmam que a irrigação com o esgoto das lagoas parece não comprometer os rendimentos da cultura do coco, mesmo avaliando-se um horizonte de prática de mais de vinte anos, quando avaliado uma área próxima à Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) do bairro Conjunto Ceará, na zona oeste do município de Fortaleza, Ceará, Brasil, já no limite com o município de Caucaia.

Testando-se a produtividade do arroz, cultivar Diamante, irrigada com esgoto de tanque séptico, Sousa *et al.* (2001) observaram que foi superior à produtividade da mesma cultivar irrigada com água de abastecimento em solo com adubação mineral. Salientaram, ainda, que os grãos da cultivar irrigada com esgoto do tanque séptico não apresentaram, em nenhum exame, indicadores de contaminação fecal.

Ao fertirrigar a cultura do quiabo com esgotos do Leito de Brita e do reator, Figueiredo *et al.* (2005) constataram que o efluente anaeróbio proporcionou considerável produtividade (25,7 e 24,7 Mg ha<sup>-1</sup>), não havendo diferença significativa quando comparado ao quiabo que recebeu adubo mineral (27,8 Mg ha<sup>-1</sup>). Concluíram que é viável a fertirrigação com esgotos domésticos tratados, sobretudo, para região semi-árida, mas, faz-se necessário manter controle microbiológico e parasitológico periodicamente.

Azevedo e Oliveira (2005) verificaram que a produção total média por planta do pepino nas parcelas irrigadas com esgoto apresentou 2.769,6 g de matéria fresca, superior aos 1.968,6 g no tratamento sem esgoto, demonstrando a

importância da utilização de esgoto de esgoto para o fornecimento de nutrientes e aumento de produtividade da cultura.

O uso de água residuária sem qualquer tipo de adubação foi estatisticamente igual ao resultado obtido quando foi utilizada a adubação convencional na beterraba, evidenciando assim a importância do uso do referido esgoto e, quanto mais enriquecido nutricionalmente for o esgoto e se ele estiver mineralizado, provavelmente maior será o seu aproveitamento pelas plantas (HUSSAR *et al.*, 2005).

Nascimento (2003) obteve resultados onde mostrou que todas as variáveis de crescimento e de produção da mamona (altura do primeiro racemo, diâmetro do caule, área foliar, número de frutos, número de racemos, peso de 100 sementes e produção de sementes) foram superiores para os tratamentos que receberam água residuária.

Com o propósito de estudar os possíveis efeitos da aplicação de água de esgoto doméstico sobre o número de folhas e área foliar da mamoneira em ambiente protegido, Rodrigues *et al.* (2006) estudaram o efeito de cinco níveis de reposição da evapotranspiração da cultura ETc (N1 = 60%, N2 = 75%, N3 = 90%, N4 = 105% e N5 = 120% ETc) em 2 cultivares (BRS-149 Nordestina e BRS-188 Paraguaçu). O número de folhas e a área foliar, avaliadas aos 48, 90 132 e 174 dias após a semeadura, aumentaram significativamente com incremento do nível de reposição da ETc. As duas cultivares apresentaram crescimentos semelhantes e não houve interação significativa entre os fatores.

Com o objetivo de investigar o nível da contaminação e da sobrevivência viral na irrigação subsuperficial e na irrigação por gotejamento em regiões áridas e semi-áridas, utilizando-se águas residuais, Choi *et al.* (2004) constataram que a irrigação

subsuperficial apresenta contaminação viral mais elevada. A instalação rasa da fita adesiva do gotejamento e o trajeto preferencial da água através das rachaduras na superfície do solo pareceram ser as causas principais da contaminação viral elevada nos lotes subsuperficiais da irrigação, as quais conduziram o contato direto das hastes da alface com água de irrigação, que penetrou a superfície do solo.

Existem muitos aspectos que precisam ser analisados sobre a relação da produção urbana de água tratada e a irrigação com águas servidas, como:

- um mercado para a água tratada e sua viabilidade comercial na irrigação (comparação entre o uso da água tratada e da água servida não tratada);
- conflitos quanto ao direito de uso da água;
- impacto hidrológico da venda da água tratada fora da sub-bacia;
- levantamento da qualidade da água no ponto de uso final (por ex., nas áreas de plantio, para a irrigação); e,
- um cálculo dos nutrientes perdidos quando do tratamento das águas servidas.

Para isso, mais pesquisas são necessárias para identificar as condições sob quais os benefícios substanciais da irrigação com águas servidas podem ser colhidos, ao mesmo tempo em que a sustentabilidade financeira do sistema de abastecimento de água é mantido (PAULA; CHRISTOPHER, 2002).

É conhecida a grande importância do reúso agrícola, pelos seus benefícios no suprimento de água, na minimização da poluição dos recursos hídricos, no aproveitamento de nutrientes para as culturas, na melhor utilização da água disponível para outros fins. Entretanto, também são conhecidas suas limitações, como a presença excessiva de nitrogênio, que pode comprometer culturas pouco tolerantes; os elevados teores de sais dissolvidos, que podem provocar a salinização do solo; a presença de íons específicos, que podem ser tóxicos a algumas culturas;

e também os riscos à saúde do trabalhador e usuários dos produtos irrigados, devido à contaminação com microrganismos patogênicos presentes nos esgotos (Bastos, 2003).

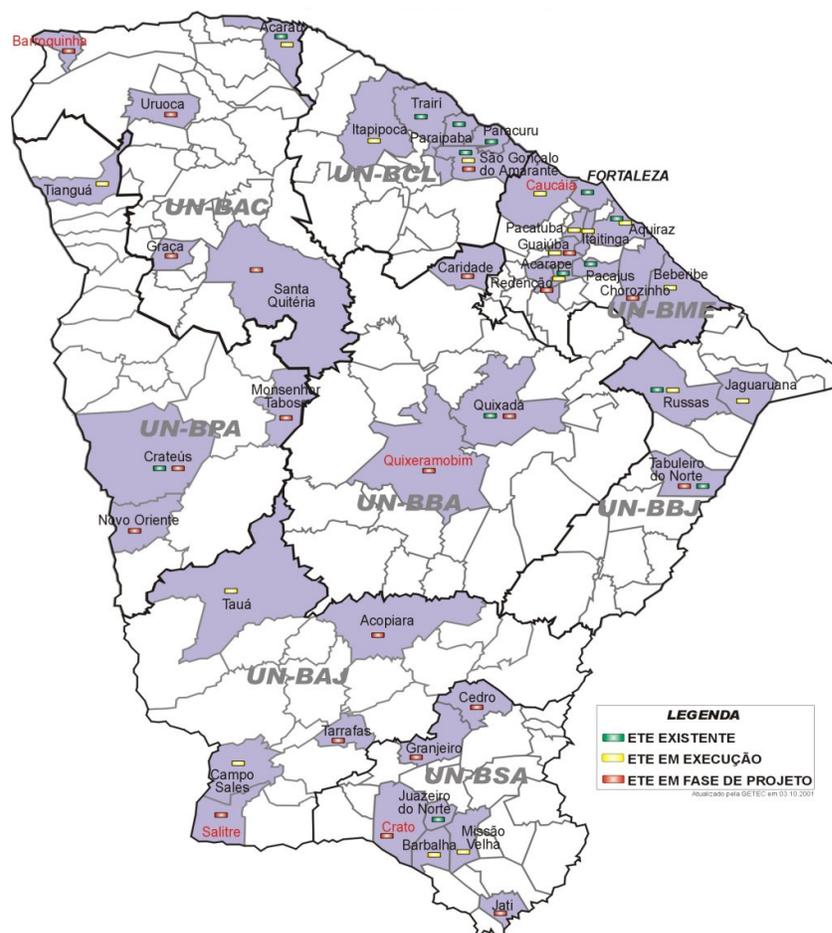
## **2.6 Viabilidade Potencial de uma Política de Reúso no Estado do Ceará**

No Ceará, somente a Região Metropolitana de Fortaleza - R.M.F, conta com 21 ETE's do tipo lagoas de estabilização, localizadas nas áreas não servidas pelo sistema de disposição oceânica, ao passo que no litoral e interior estão localizados outros 62 sistemas (BRANDÃO, 2004).

O Estado conta com 83 ETE's do tipo lagoas de estabilização, localizadas em áreas de população de baixa renda não servidas pelo sistema de disposição oceânica dos esgotos sanitários, no caso de Fortaleza.

Castro *et al.* (2007) afirmam que os sistemas de lagoas de estabilização no Ceará (Figura 1) podem disponibilizar uma vazão de cerca de  $180.000 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$ . Este valor é conservativo e considera medições efetivas de vazão. Tais volumes poderão beneficiar entre 1.781 e 4.454 hectares para demandas superficiais entre 20.000 e  $8.000 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ . No entanto, é necessário realizar um estudo mais detalhado sobre as vazões de esgoto geradas em cada unidade de tratamento.

Eles ressaltam que cerca de 80% dos sistemas em execução estão em fase de conclusão e mais da metade dos projetados já tiveram suas atividades de execução iniciadas. O Quadro 5 apresenta o resumo do cômputo de vazões para este estudo, onde os valores estimados foram relativos às medições de vazão operacional, já que são mais realísticos.



**FIGURA 1** - Municípios com ETE's de lagoas de estabilização no Ceará.  
 Fonte: Castro *et al.*, 2007

**QUADRO 4** - Vazões de sistemas de lagoas de estabilização para reúso agrônomo no Ceará.

<b>Sistemas de lagoas</b>	<b>Vazão (m<sup>3</sup>/dia)</b>	
	Projeto	Estimado
Existente	142.147	97.611
Em execução	68.661	34.425
Em projeto	92.944	47.676

Fonte: Castro *et al.*, 2007.

Já no Quadro 6 apresenta-se a estimativa de áreas passíveis de serem irrigadas com efluentes tratados em lagoas de estabilização no Ceará. Os autores lembram que no presente estudo consideraram-se taxas superficiais de demanda de 20.000, 10.000 e 8.000 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> e que os valores são conservadores e levam em conta números sugeridos por Rosegrant *et al.* (2002). O cenário em apreço

ponderou um prazo de cinco anos para que toda a vazão estimada possa estar disponível para utilização.

QUADRO 5 - Estimativa de área irrigável para diferentes taxas de irrigação no Ceará (em ha).

<b>Sistemas de lagoas</b>	<b>Tirrg. = 20.000 m<sup>3</sup>/ha.ano</b>		<b>Tirrg. = 10.000 m<sup>3</sup>/ha.ano</b>		<b>Tirrg. =8.000 m<sup>3</sup>/ha.ano</b>	
	Projeto	Estimado	Projeto	Estimado	Projeto	Estimado
Existente	2.594	1.781	5.188	3.563	6.485	4.454
Em execução	1.253	628	2.506	1.256	3.133	1.571
Em projeto	1.696	870	3.392	1.740	4.241	2.175
<b>Total</b>	<b>5.543</b>	<b>3.279</b>	<b>11.086</b>	<b>6.559</b>	<b>13.859</b>	<b>8.200</b>

Fonte: Castro, 2007.

Contudo, Castro *et al.*, (2007) enfatizam que é necessário realizar um estudo detalhado sobre as vazões de esgoto gerado em cada unidade de tratamento e que um programa de monitoramento permitiria observar os requisitos de segurança para reúso dos efluentes, embora seja necessário estabelecer uma Política de Reúso de Águas no Ceará.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Localização e caracterização da área experimental**

O experimento foi conduzido no Centro de Pesquisa sobre Tratamento e Reúso de Águas Residuárias, pertencente à Companhia de Águas e Esgotos do Ceará (CAGECE), localizado na cidade de Aquiraz, Região Metropolitana de Fortaleza, a uma altitude de 14,2 m. Aquiraz localiza-se nas coordenadas 3° 54' 05" de latitude Sul e 38° 23' 28" longitude Oeste de Greenwich (IPECE, 2006).

O sistema de tratamento de Aquiraz é constituído de tratamento preliminar, composto por Calha Parshall, gradeamento e caixa de areia e, tratamento secundário com dois módulos de lagoas de estabilização em série. Cada módulo é constituído por uma lagoa anaeróbia, uma facultativa e duas de maturação, sendo o esgoto final lançado no rio Pacoti.

O clima local é classificado como tropical quente e úmido, do tipo Aw' pela classificação de Köppen. A média anual de precipitação é de 1.379,9 mm, com o período chuvoso de janeiro a maio, temperatura média de 26° a 28° C (FUNCEME/IPECE, 2006).

As características da água e do esgoto tratado usados na pesquisa encontram-se na Tabela 1. O solo predominante na área é classificado como Argissolo Acinzentado eutrófico (EMBRAPA, 1999). Para a caracterização físico-hídrica, química e de fertilidade do solo foram coletadas amostras de solo nas camadas (0 – 0,20) e (0,20 – 0,40) m, cujos resultados encontram-se na Tabela 2.

TABELA 1 - Características da água do poço e do esgoto utilizado na irrigação no período do experimento.

Parâmetro	Água de Poço	Esgoto
	Média	Média
pH	6,13	7,38
Condutividade elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	212,50	762,73
Dureza total ( $\text{mg CaCO}_3/\text{L}$ )	30,06	115,21
Alcalinidade total ( $\text{mg CaCO}_3/\text{L}$ )	29,55	196,66
Bicarbonato ( $\text{mg HCO}_3^-/\text{L}$ )	36,36	217,14
Carbonato ( $\text{mg CO}_3^{2-}/\text{L}$ )	0,00	2,43
Hidróxido ( $\text{mg OH}^-/\text{L}$ )	0,00	0,00
Cloreto ( $\text{mg Cl}^-/\text{L}$ )	48,61	157,09
DQO não filtrado ( $\text{mg O}_2/\text{L}$ )	66,83	128,89
DQO filtrado ( $\text{mg O}_2/\text{L}$ )	69,03	81,75
DBO <sub>5</sub> dias ( $\text{mg O}_2/\text{L}$ )	17,46	40,55
Sólidos totais ( $\text{mg ST}/\text{L}$ )	381,03	649,61
Sólidos totais fixos ( $\text{mg STF}/\text{L}$ )	128,33	386,28
Sólidos totais voláteis ( $\text{mg STV}/\text{L}$ )	259,24	291,12
Sólidos suspensos totais ( $\text{mg SST}/\text{L}$ )	45,38	21,12
Sólidos totais dissolvidos ( $\text{mg STD}/\text{L}$ )	398,15	837,05
<i>E. coli</i> (NMP/100ml)	99,53	112,19
Turbidez (UNT)	10,70	28,56

Fonte: Laboratório de Saneamento Ambiental – Labosan/UFC

TABELA 2 – Características físico-hídricas e químicas do solo no início do experimento.

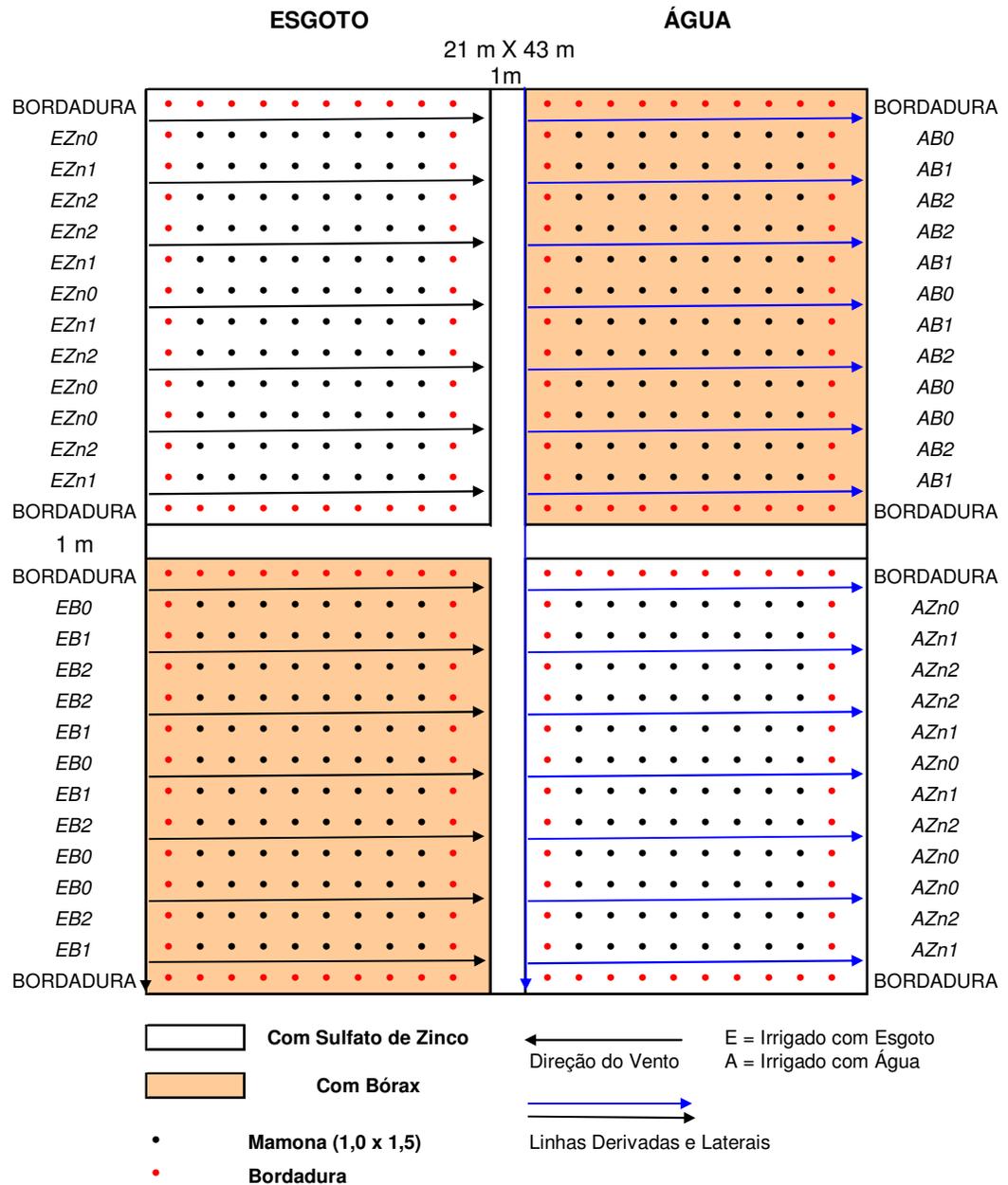
Característica	Camadas (m)	
	0 – 0,20	0,20 – 0,40
<b>Físico - hídrica</b>		
Areia grossa (g kg <sup>-1</sup> )	560	570
Areia fina (g kg <sup>-1</sup> )	350	350
Silte (g kg <sup>-1</sup> )	60	50
Argila (g kg <sup>-1</sup> )	30	30
Argila natural (g kg <sup>-1</sup> )	20	20
Grau de flocculação (g 100 <sup>-1</sup> g <sup>-1</sup> )	30	30
Característica Textural	Areia	Areia
Densidade do solo (kg dm <sup>-3</sup> )	1,65	1,65
Densidade dos sólidos (kg dm <sup>-3</sup> )	2,56	2,58
Umidade do solo a 33 kPa (%)	3,57	3,21
Umidade do solo a 1500 kPa (%)	2,76	2,49
Umidade de saturação (%)	35,5	36,0
<b>QUÍMICA</b>		
<b>Complexo sortivo (cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>)</b>		
Cálcio	2,00	1,40
Magnésio	1,50	1,00
Sódio	0,03	0,03
Potássio	0,09	0,06
Alumínio	0,00	0,05
Hidrogênio	0,33	0,44
Soma de bases	3,60	2,50
Capacidade de troca de cátions	3,90	3,00
Saturação de bases (%)	91	83
Percentagem de sódio trocável	1	1
pH em água	6,40	6,30
Condutividade elétrica (dS m <sup>-1</sup> )	0,21	0,13
Carbono orgânico (g kg <sup>-1</sup> )	6,36	3,66
Nitrogênio (g kg <sup>-1</sup> )	0,65	0,37
Matéria Orgânica (g kg <sup>-1</sup> )	10,96	6,30
Fósforo asssimilável (mg kg <sup>-1</sup> )	106	43
Ferro (ppm)	3,49	3,73
Cobre (ppm)	1,63	1,27
Zinco (ppm)	9,03	4,65
Manganês (ppm)	16,18	7,29

Fonte: Laboratório de Solos.

### 3.2 Delineamento experimental

A pesquisa foi realizada com dois experimentos instalados no delineamento experimental blocos ao acaso, com quatro repetições, no esquema fatorial 2 X 3, onde as variáveis dependentes foram dois tipos de água (água do poço freático e do esgoto sanitário tratado) e três níveis de zinco e três níveis de boro para os experimentos 1 e 2, respectivamente. A parcela correspondeu a uma fileira de dez plantas, sendo a área útil constituída de 8 plantas. O experimento ocupou uma área de 903 m<sup>2</sup> (Figura 2).

No experimento 1 os tratamentos corresponderam aos níveis de adubação com zinco: Tratamento 1 – 0 (zero) kg ha<sup>-1</sup>, Tratamento 2 – 16,66 kg ha<sup>-1</sup> e T3 – 33,33 kg ha<sup>-1</sup>, para os dois tipos de água. Já no experimento 2, os níveis de adubação com boro foram: Tratamento 1 – 0 (zero) kg ha<sup>-1</sup>, Tratamento 2 – 6,66 kg ha<sup>-1</sup> e T3 – 13,33 kg ha<sup>-1</sup>, também, para os dois tipos de água. As fontes de zinco e de boro usadas foram sulfato de zinco e bórax, respectivamente. As doses/ha foram nas formas químicas dos adubos correspondentes. A adubação dos outros micronutrientes foi constante para os dois experimentos, sendo recomendado aplicar 5 kg ha<sup>-1</sup> de sulfato de cobre, 10 kg ha<sup>-1</sup> de sulfato de manganês, 1 kg ha<sup>-1</sup> de molibdênio e 2 kg ha<sup>-1</sup> de sulfato ferroso amoniacal.



**FIGURA 2** – Croqui da área experimental.

### 3.3 A cultura

A cultivar de mamona semeada no experimento foi a IAC Guarani, desenvolvida pelo Instituto Agronômico de Campinas (IAC). Suas características apresentam porte médio, variando entre 1,80 e 2,00 m, ciclo de 180 dias, haste rosa

com cera, ramificação fechada, frutos indeiscentes, sementes de tamanho médio, cor marrom escura contendo estrias cinza-claras, pesando aproximadamente 43 g e contendo 47% de óleo na semente (Quadro 7).

QUADRO 6 - Características da mamoneira, cultivar IAC Guarani.

<b>Características agronômicas</b>		
Ciclo vegetativo médio (dias)		180
Produtividade média (kg ha <sup>-1</sup> )		1.500
Produtividade potencial (kg ha <sup>-1</sup> )		4.000
<b>Época de florescimento (dias)</b>	Racemo de 1 <sup>a</sup> ordem	72
	Racemo de 2 <sup>a</sup> ordem	85
	Racemo de 3 <sup>a</sup> ordem	105
<b>Maturação (dias)</b>	Racemo de 1 <sup>a</sup> ordem	145
	Racemo de 2 <sup>a</sup> ordem	158
	Racemo de 3 <sup>a</sup> ordem	178
Frutos		Indeiscentes
Cor das sementes		Branco/preto
Formato das sementes		Oblongo
Peso médio de 100 sementes (g)		43
Colheita		única
<b>Caracteres morfológicos</b>		
Hábito de crescimento		Arbusto
Altura média da planta (cm)		180
Inserção do racemo primário (cm)		60
Cor da haste		rosa c/cera
<b>Caracteres tecnológicos</b>		
Rendimento médio de sementes (%)		68
Teor médio de óleo (%)		47

Fonte: O Agrônomo, Campinas, 53(1), 2001

### 3.4 Instalação e condução dos experimentos

O preparo do solo constou de roçagem e gradagem. Na área experimental foram demarcadas as parcelas experimentais. As parcelas foram padronizadas com 10 m de comprimento, onde se possibilitou a abertura de 10 covas, espaçadas a cada 1 m, com 1,5 m entre linhas (Figura 3).



**FIGURA 3** – Detalhe da área com as covas abertas

Após a marcação das covas, no dia 03 de outubro de 2007, foi instalado o sistema de irrigação localizado, tipo microaspersão, com sete linhas de microaspersores distribuídos nas 14 fileiras de plantas, conforme apresentado no croqui (Figura 2). As linhas laterais eram de polietileno com 16 mm de diâmetro e as de derivação de PVC azul com 50 mm de diâmetro. Os microaspersores eram não compensantes, com vazão média de  $73 \text{ L h}^{-1}$  na pressão de serviço de 200 kPa. Após a instalação do sistema foi feita sua avaliação, que apresentou uma vazão média de funcionamento de  $67 \text{ L h}^{-1}$ , numa pressão de serviço de 200 kPa e um coeficiente de uniformidade experimental de 92%.

As covas para semeadura foram abertas nas dimensões de  $0,3 \times 0,3 \times 0,3 \text{ m}$ . Após a abertura das covas, no dia 17 de outubro de 2007, foram feitas a calagem e as adubações orgânica e mineral, de acordo com as recomendações da análise de fertilidade do solo (UFC, 1993). Aplicou-se  $333 \text{ kg ha}^{-1}$  de calcário dolomítico,  $33 \text{ Mg ha}^{-1}$  de esterco de gado,  $20 \text{ kg ha}^{-1}$  de N,  $25 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $40 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ . Já a adubação de cobertura foi realizada, para o nitrogênio, aos 30 e 60 dias após a semeadura utilizando-se  $20 \text{ kg ha}^{-1}$  de N e, para o fósforo e potássio, aos 30 dias após a semeadura com  $25 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $40 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , respectivamente.

Como fontes de nutrientes usaram o sulfato de amônio, superfosfato simples e cloreto de potássio.

No dia 18 de outubro de 2007 foi realizada a semeadura, utilizando-se 4 sementes por cova no espaçamento 1,0 x 1,5 m e, em seguida, a primeira irrigação do experimento.

No dia 7 de novembro foi feita uma nova semeadura nas covas em que não ocorreram germinação. E realizou-se nesse dia a primeira capina para o controle das ervas daninhas.

O manejo da irrigação foi baseado na avaliação do sistema de irrigação com reposição da evaporação média da região. A irrigação era diária, de 1,5 horas, parcelada em dois turnos (pela manhã e à tarde), e de acordo com a precipitação ocorrida. No dia 08/03/2008 foi suspenso à irrigação nos experimentos.

TABELA 3 – Volumes requeridos e aplicados de esgoto, lâminas de esgoto aplicadas e precipitação ocorrida durante a condução do experimento. Aquiraz, CE, 2008.

Meses	Volume requerido de esgoto (L)	Volume aplicado de esgoto (L)	Lâmina de esgoto aplicada (mm)	Precipitação (mm)
Outubro	78.792	78.792	187,60	0
Novembro	168.840	164.640	392,00	10
Dezembro	174.468	164.808	392,40	23
Janeiro	174.468	69.174	164,70	250,7
Fevereiro	163.212	134.568	320,40	68,2
Março	45.024	23.436	55,80	51,4
TOTAL	804.804	635.418	1.512,90	403,30

Durante a condução dos experimentos ainda foram realizadas mais três capinas manuais com auxílio da enxada, visando manter a área limpa e livre de competição com plantas daninhas. Não foi observada a ocorrência de pragas e doenças, dispensando o uso de defensivos (Figura 4).



**FIGURA 4** – Visão geral da cultura dos experimentos.

No dia 11/02/2008 foi feito o levantamento do diâmetro do caule (DC) e da altura do primeiro racemo (A1R) selecionando-se 12 plantas por tratamento em cada experimento. A colheita dos racemos primários foi efetuada no dia 06/03/2008. No dia 16/04/2008, 178 dias após o plantio, realizou-se a colheita dos racemos secundários e terciários da área (Figuras 5 e 6).



**FIGURA 5** - Racemos em fase de maturação.



**FIGURA 6** – Racemos maduros colhidos.

Após uma pré-secagem dos racemos colhidos, foi feita a contagem e pesagem dos frutos, medição dos racemos e o descasque e separação mecânica dos frutos colhidos. Esta separação e descasque foi realizada em um protótipo que está sendo desenvolvido e aperfeiçoado por uma equipe de alunos e professores do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará.

### **3.5 Variáveis Analisadas**

#### **3.5.1 Altura da Inserção do racemo primário e diâmetro do caule**

A altura média de inserção do racemo primário foi determinada a partir de medições efetuadas na época de maturação, considerando-se para tanto a distância vertical, em metros, do nível do solo até a inserção do racemo primário, com o auxílio de uma régua graduada com comprimento de 1 m. O diâmetro caulinar foi determinado na época de maturação na base do caule, com o auxílio de um paquímetro digital.

#### **3.5.2 Número de racemos por ordem na planta**

Determinou-se o número médio de racemos por ordem na planta, mediante a quantificação do número total de racemos por ordem colhidos em cada parcela e, posteriormente, dividida pela quantidade de plantas úteis.

#### **3.5.3 Comprimento do racemo e número de frutos por ordem de racemo**

Para determinação do comprimento efetivo do racemo, consideraram-se apenas aqueles de até terceira ordem em cada tratamento. As medições foram tomadas na região da raque provida de frutos, utilizando-se para tanto uma régua

graduada em centímetros. Na obtenção do número de frutos por racemos foram considerados aqueles de até terceira ordem, dividindo-se o número total de frutos pela quantidade de racemos produzidos.

#### **3.5.4 Produtividade de bagas por ordem de racemo**

A produtividade de bagas foi obtida pela pesagem destas em cada parcela, após o beneficiamento, com os valores sendo extrapolados para  $\text{kg ha}^{-1}$

#### **3.5.5 Contribuição relativa da ordem do racemo na produtividade total**

A produtividade de bagas de cada ordem de racemo foi obtida separadamente. Com isto, foi possível determinar a participação percentual de cada uma delas em relação à produtividade total, conforme a expressão.

$$Cr = \frac{PTR}{PTB} 100$$

em que,

C – contribuição relativa (%);

PTR – produtividade de bagas dos racemos da ordem considerada ( $\text{kg ha}^{-1}$ );

PTB – produtividade total de bagas ( $\text{kg ha}^{-1}$ ).

#### **3.6 Análise estatística**

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade. Quando verificado efeito significativo na análise da variância, as médias obtidas nos diferentes tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade, utilizando-se o programa SISVAR, Versão 4.6.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Componentes de Crescimento

#### 4.1.1 Diâmetro do Caule

Tanto na utilização de água de poço quanto com o uso de esgoto sanitário tratado, não foram observadas diferenças significativas para esta variável em nenhum dos experimentos conduzidos. A média geral obtida no experimento com zinco e boro, respectivamente, foram 40,84 mm e 43,84 mm.

O boro é um elemento estrutural, que fornece à parede celular a flexibilidade para o crescimento, como também está envolvido no transporte de açúcares e, quanto maior o diâmetro do caule, maior vigor e robustez e, portanto, maior resistência da planta ao tombamento e a ataques de pragas.

#### 4.1.2 Altura do Primeiro Racemo

A altura do primeiro racemo apresentou diferença significativa para o experimento com zinco apenas dentro da fonte de água utilizada (Tabela 4).

TABELA 4 – Análise de variância para a variável altura do primeiro racemo no experimento com zinco.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Fonte de Água	1	427,570417	427,570417	8,553	0,0105
Adubação com Zn	2	56,776300	28,388150	0,568	0,5785
Fonte de Água*Adubação	2	27,564633	13,782317	0,276	0,7628
Bloco	3	67,974450	22,658150	0,453	0,7188
Erro	15	749,860650	49,990710		
Total corrigido	23	1,329746450			
CV (%)	13,33				
Média geral (cm):	53,0275				

cv= coeficiente de variação; GL=graus de liberdade; SQ=soma dos quadrados; QM=quadrado médio; Fc= efe calculado; Pr=probabilidade.

As médias obtidas para a altura do primeiro racemo nas diferentes fontes de água no experimento com zinco foram 48,80 cm e 57,25 cm, na água de poço freático - APF e no esgoto sanitário tratado – AET, respectivamente (Tabela 5). Observa-se que a altura do primeiro racemo foi maior quando utilizado água de esgoto sanitário tratado. Segundo Malavolta et al. (1991), o zinco está relacionado ao metabolismo de fenóis, à formação de amido, ao aumento no tamanho e multiplicação celular e à fertilidade do grão de pólen.

TABELA 5 – Teste Tukey para a fonte de água na variável altura do primeiro racemo do experimento com zinco.

<b>Tratamentos</b>	<b>Altura do primeiro racemo (cm)</b>	<b>Resultados do teste</b>
APF	48,80	a1
AET	57,25	a2

APF= água de poço freático; APT= água de esgoto tratado.

Já no experimento com boro, não foram observadas diferenças estatísticas significativas para a altura do primeiro racemo. A média geral neste experimento foi de 55,57 cm.

## **4.2 Componentes de Produção**

### **4.2.1 Número de racemos por ordem na planta**

Não foi encontrada diferença estatística para o experimento com zinco para esta variável. O número médio de racemos secundários por planta neste experimento foi de 2,31. No experimento com boro o número médio encontrado foi de 2,41 racemos secundários, não apresentando diferenças estatísticas significativas nas variáveis dependentes.

Quanto aos racemos terciários, no experimento com zinco, verificou-se uma média geral de 2,29 racemos terciários, sem ser observada diferença estatística significativa entre as variáveis analisadas. Já no experimento com boro, constata-se que houve influência significativa na fonte de variação de adubação (Tabela 6).

TABELA 6 – Análise de variância para a variável número de racemos terciários no experimento com boro.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Fonte de Água	1	0,019267	0,019267	0,086	0,7733
Adubação com Boro	2	1,820758	0,910379	4,066	0,0388
Fonte de Água*Adubação	2	0,036858	0,018429	0,082	0,9214
Bloco	3	1,867433	0,622478	2,780	0,0772
Erro	15	3,358817	0,223921		
Total corrigido	23	7,103133			
CV (%)	23,33				
Média geral	2,028				

cv= coeficiente de variação; GL=graus de liberdade; SQ=soma dos quadrados; QM=quadrado médio; Fc= efe calculado; Pr=probabilidade.

Observa-se na Tabela 7 que o aumento da aplicação de boro acarretou um decréscimo na emissão de racemos terciários. Com uma média de 2,33 racemos terciários por planta, a não aplicação de boro, tanto na água de poço quanto no esgoto sanitário tratado, foi a que menos afetou a produção. Ferreira *et al.* (2004), afirmam que a deficiência de boro se manifesta pela maior sensibilidade ao estresse hídrico, pecíolos quebradiços e falhas na fertilização e frutificação e que perdas substanciais de produtividade na mamona ocorrem sob deficiência de B, S e Cu.

Conforme relatado por Yamada (2000), muitos trabalhos não recomendam a aplicação de boro no solo, que as atualmente aplicadas, por afirmarem que a faixa de deficiência e a fitotoxidez de boro na planta seria muito estreita.

TABELA 7 - Teste Tukey para a fonte de adubação na variável número de racemos terciários no experimento com boro.

Tratamentos	Médias (und)	Resultados do teste
B2	1,67	a1
B1	2,08	a1 a2
B0	2,33	a2

B2= adubação c/ 13,33 Kg/ha de boro; B1= adubação c/ 6,66 Kg/ha de boro; B0= sem aplicação de boro.

#### 4.2.2 Comprimento do racemo e número de frutos por ordem de racemo

- **Racemo Primário**

Não foi observada diferença estatística no experimento com zinco para estas variáveis no racemo primário, A média geral neste experimento do comprimento do racemo primário foi de 64,79 cm, com 88,74 frutos por planta.

Para o experimento com boro também não houve diferenças estatísticas. A média geral do comprimento do racemo e do número médio de frutos por planta foram, respectivamente, 66,26 cm e 94,62 frutos.

Büll (1993) observou que, de forma geral, as respostas da cultura do milho a aplicações de boro não são consistentes.

- **Racemo Secundário**

O experimento com zinco apresentou diferença estatística para o comprimento médio do racemo secundário, de acordo com a fonte de água aplicada, conforme apresentado na Tabela 8.

TABELA 8 - Análise de variância para o comprimento do racemo secundário no experimento com zinco

<b>Fonte de variação</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr&gt;Fc</b>
Fonte de Água	1	304,380037	304,380037	12,017	0,0035
Adubação com Zn	2	59,029425	29,514712	1,165	0,3385
Fonte de Água*Adubação	2	54,786775	27,393388	1,082	0,3641
Bloco	3	125,394779	41,798260	1,650	0,2201
Erro	15	379,924246	25,328283		
Total corrigido	23	923,515263			
CV (%)	8,34				
Média geral (cm)	60,36				

cv= coeficiente de variação; GL=graus de liberdade; SQ=soma dos quadrados; QM=quadrado médio; Fc= efe calculado; Pr=probabilidade.

Utilizando-se a água de poço freático o comprimento médio do racemo secundário foi de 56,79 cm. Com o uso de esgoto sanitário tratado, o comprimento médio encontrado foi de 63,92 cm (Tabela 9), embora o número médio de frutos por planta no experimento não apresentou diferenças estatísticas entre as variáveis, com um valor médio geral de 92,93 frutos. Segundo Barbosa Filho (1987), uma das conseqüências da deficiência de zinco nas plantas de milho é o encurtamento do internódio, resultando em redução do crescimento.

TABELA 9 - Teste Tukey para a fonte de água na variável comprimento do racemo secundário no experimento com zinco.

<b>Tratamentos</b>	<b>Médias (cm)</b>	<b>Resultados do teste</b>
APF*	56,79	a1
AET**	63,92	a2

APF= água do poço freático; AET= água do esgoto tratado.

No experimento com boro não foram encontradas diferenças significativas para as variáveis do comprimento do racemo secundário e número de frutos. Os valores médios foram de 2,41 racemos por planta e 60,46 cm de comprimento, respectivamente. No entanto, analisando o desdobramento da adubação com boro dentro de cada nível de fonte de água, observa-se diferença estatística significativa para o número de frutos com o uso de esgoto sanitário tratado (Tabela 10).

TABELA 10 - Análise de variância do efeito da adubação com boro dentro de cada fonte de água para o número de frutos (racemo secundário).

<b>Fonte de variação</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr&gt;Fc</b>
Adubação com B e AET	2	5496,866117	2748,433058	4,779	0,0238
Adubação com B e APF	2	187,017800	93,508900	0,163	0,8513
Resíduo	15	8626,417017	575,094468		

cv= coeficiente de variação; GL=graus de liberdade; SQ=soma dos quadrados; QM=quadrado médio; Fc= efe calculado; Pr=probabilidade.

Com a aplicação de 6,6 kg de boro e uso de esgoto sanitário tratado constatou-se um melhor desenvolvimento do número de frutos nos racemos secundários, enquanto sem a aplicação de boro o seu desenvolvimento foi afetado

(Tabela 11). Não existem dados na literatura sobre teores adequados de micronutrientes na mamona.

TABELA 11 - Teste Tukey para o desdobramento de adubação com boro dentro da fonte de água AET (racemos secundários).

Tratamentos	Médias (und,)	Resultados do teste
B0	73,250000	a1
B2	103,832500	a1 a2
B1	125,417500	a2

B0= sem aplicação de boro; B2= adubação c/ 13,33 Kg/ha de boro; B1= adubação c/ 6,66 Kg/ha de boro.

### Racemo Terciário

O comprimento do racemo terciário e o número de frutos por planta nesta ordem de racemo não apresentou diferença significativa no experimento com zinco. As médias encontradas foram 40,64 cm e 89,38, respectivamente.

No experimento com boro o comprimento do racemo terciário não foi afetado significativamente pelos tratamentos. O valor médio foi de 41,55 cm. No entanto, analisando o desdobramento da adubação com boro dentro de cada nível de fonte de água, observa-se diferença estatística significativa com o uso de esgoto sanitário tratado (Tabela 12).

TABELA 12 - Análise de variância do desdobramento de adubação para o comprimento médio do racemo terciário no experimento com boro dentro de cada fonte de água

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Adubação com B e AET	2	388,714867	194,357433	3,758	0,0458
Adubação com B e APF	2	40,675717	20,337858	0,393	0,6791
Resíduo	15	775,872562	51,724837		

GL=graus de liberdade; SQ=soma dos quadrados; QM=quadrado médio; Fc=efe calculado; Pr=probabilidade; AET= água de esgoto tratado; APF= água de poço freático.

Com a aplicação de boro e uso de esgoto sanitário tratado constatou-se um decréscimo no comprimento médio do racemo terciário, afetando diretamente a produção (Tabela 13).

TABELA 13 - Teste Tukey para o desdobramento de adubação para o comprimento médio do racemo terciário no experimento com boro dentro da fonte de água AET

Tratamentos	Médias (cm)	Resultados do teste
B2	34,97	a1
B1	43,37	a1 a2
B0	48,80	a2

B2= adubação c/ 13,33 Kg/ha de boro; B1= adubação c/ 6,66 Kg/ha de boro; B0= sem aplicação de boro.

O número de frutos também apresentou diferenças estatísticas significativas (Tabela 14).

TABELA 14 - Análise de variância para o número de frutos do racemo terciário no experimento com boro

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Fonte de Água	1	5114,672067	5114,67206	8,164	0,0120
Adubação com B	2	3257,071300	1628,53565	2,599	0,1073
Fonte de Água*Adubação	2	124,492433	62,246217	0,099	0,9060
Bloco	3	1648,967233	549,655744	0,877	0,4748
Erro	15	9397,806167	626,520411	8,164	
Total corrigido	23	19543,009200			
CV (%)	32,33				
Média geral (und.):	77,43				

cv= coeficiente de variação; GL=graus de liberdade; SQ=soma dos quadrados; QM=quadrado médio; Fc= efe calculado; Pr=probabilidade.

A Tabela 15 mostra o resultado do teste tukey em que a utilização de esgoto sanitário tratado, o número de frutos do racemo terciário sofreu um acréscimo em torno de 48%. São vários os benefícios agregados na prática de reúso na irrigação, incluindo a recarga do lençol freático e a fertirrigação de diversas culturas, respeitando os limites sanitários e ambientais de aplicação para garantia do nível de qualidade.

Segundo GUIDOLIN (2000), é imprescindível destacar o conteúdo dos elementos minerais presentes em esgotos, destacando a presença de macronutrientes e micronutrientes.

TABELA 15 - Teste Tukey para a fonte de água na variável número de frutos no experimento com boro (racemo terciário).

<b>Tratamentos</b>	<b>Médias (und,)</b>	<b>Resultados do teste</b>
APF	62,83	a1
AET	92,03	a2

APF= água de poço freático; AET= água de esgoto tratado.

#### **4.2.3 Peso dos Frutos, Peso das Sementes e Produtividade Potencial de Bagas por Ordem de Racemo**

##### **Racemo Primário**

Em nenhum dos experimentos (1 e 2) houve efeitos das aplicações de zinco sobre o peso médio do fruto do racemo primário. O peso médio dos frutos foi de 117,36 g. O peso médio das sementes por planta foi de 72 g, com uma produtividade média por hectare de 480 Kg ha<sup>-1</sup>.

No experimento com boro o peso médio dos frutos por planta, peso médio das sementes e a produtividade média potencial por hectare foram de 118,14 g, 63,74 g e 424,95 Kg, respectivamente. As aplicações de boro e os tipos de irrigação não afetaram os pesos médios dos frutos dos racemos primários.

No entanto, analisando os pesos médios dos frutos observa-se um aumento relativo com a presença de boro. A deficiência de boro se manifesta, também, por falhas na fertilização e frutificação, ocasionando perdas substanciais de produtividade, juntamente com os elementos cobre e enxofre.

### Racemo Secundário

O experimento com zinco não apresentou diferenças estatísticas significativas quando analisadas as seguintes variáveis do racemo secundário: peso dos frutos, peso das sementes e produtividade potencial de bagas. Os valores médios foram 1221,43 g, 81,93 g e 546,19 Kg/ha, respectivamente.

O experimento com boro apresentou valores maiores que o experimento com zinco, embora também não tenha apresentado diferenças estatísticas significativas. Os valores médios encontrados foram 137,76g, 93,86 g e 625,66 Kg/ha, respectivamente, para o peso dos frutos, peso das sementes e produtividade potencial de bagas.

### Racemo Terciário

No experimento com zinco não foram constatadas diferenças significativas para as variáveis peso dos frutos, peso das sementes e produtividade potencial de bagas no racemo terciário. As médias foram, respectivamente: 118,81 g, 68,81 g e 458,80 kg/ha.

Já o experimento com boro apresentou diferenças estatísticas significativas para o peso dos frutos dentro da fonte de água utilizada (Tabela 16).

TABELA 16 - Análise de variância para o peso dos frutos do racemo terciário no experimento com boro

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Fonte de Água	1	11048,89593	304,38003	10,053	0,0063
Adubação com B	2	8236,668358	29,514712	3,747	0,0479
Fonte de Água*Adubação	2	980,539375	27,393388	0,446	0,6484
Bloco	3	3088,912446	41,798260	0,937	0,4473
erro	15	16485,738979	25,328283	10,053	
Total corrigido	23	39840,75509			
CV (%)	31,29				
Média geral (g):	105,9429167				

cv= coeficiente de variação; GL=graus de liberdade; SQ=soma dos quadrados; QM=quadrado médio; Fc= efe calculado; Pr=probabilidade.

Observa-se um maior peso dos frutos como efeito do B no experimento irrigado com esgoto sanitário tratado (Tabela 17).

TABELA 17 - Teste Tukey para a fonte de água na variável peso dos frutos no experimento com boro (racemo terciário).

<b>Tratamentos</b>	<b>Médias (g)</b>	<b>Resultados do teste</b>
APF	84,486667	a1
AET	127,399167	a2

APF= água de poço freático; AET= água de esgoto tratado.

O peso das sementes também foi afetado pelo tratamento das variáveis de acordo com a fonte de água utilizada (Tabela 8).

TABELA 18 - Análise de variância para o peso das sementes do racemo terciário no experimento com boro.

<b>Fonte de variação</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr&gt;Fc</b>
Fonte de Água	1	3502,716817	3502,71681	8,090	0,0123
Adubação com B	2	215,991300	107,995650	0,249	0,7824
Fonte de Água*Adubação	2	174,841633	87,420817	0,202	0,8194
Bloco	3	1129,671667	376,557222	0,870	0,4785
erro	15	6494,479783	432,965319		
Total corrigido	23	11517,701200			
CV (%)	30,22				
Média geral (g):	68,8450000				

cv= coeficiente de variação; GL=graus de liberdade; SQ=soma dos quadrados; QM=quadrado médio; Fc= efe calculado; Pr=probabilidade.

O peso médio das sementes por planta nos racemos terciários foram aproximadamente 42% maior com o uso da fonte de água com esgoto sanitário tratado (Tabela 19).

TABELA 19 - Teste Tukey para a fonte de água na variável peso das sementes do racemo terciário no experimento com boro

<b>Tratamentos</b>	<b>Médias (g)</b>	<b>Resultados do teste</b>
APF	56,764167	a1
AET	80,925833	a2

APF= água de poço freático; AET= água de esgoto tratado.

A produtividade do racemo terciário foi afetada significativamente pela fonte de água utilizada, no experimento com boro (Tabela 20).

TABELA 20 - Análise de variância para a produtividade no racemo terciário no experimento com boro.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Fonte de Água	1	155667,7122	155667,7122	8,091	0,0123
Adubação com B	2	9598,777508	4799,388754	0,249	0,7824
Fonte de Água*Adubação	2	7769,016558	3884,508279	0,202	0,8194
Bloco	3	50196,82916	16732,27638	0,870	0,4785
erro	15	288597,4526	19239,83017		
Total corrigido	23	511829,7881			
CV (%)	30,23				
Média geral (kg.ha <sup>-1</sup> ):	458,9166667				

cv= coeficiente de variação; GL=graus de liberdade; SQ=soma dos quadrados; QM=quadrado médio; Fc= efe calculado; Pr=probabilidade.

Utilizando-se a água de esgoto sanitário tratado obteve-se uma produtividade de 161 Kg/ha a mais que para o uso de água de poço comum (Tabela 21).

TABELA 21 - Teste Tukey para a produtividade no racemo terciário no experimento com boro.

Tratamentos	Médias (kg.ha <sup>-1</sup> )	Resultados do teste
APF	378,380000	a1
AET	539,453333	a2

APF= água de poço freático; AET= água de esgoto tratado.

#### 4.2.4 Contribuição relativa da ordem do racemo na produtividade total

##### Racemo Primário

##### . Experimento com Zinco

A contribuição relativa da produção dos racemos primários neste experimento correspondeu a 32,34%.

$$Cr = \frac{480,4345}{1.485,4373} * 100 = 32,34\%$$

##### . Experimento com Boro

A contribuição relativa da produção dos racemos primários neste experimento correspondeu a 28,15%.

$$Cr = \frac{424,9512}{1.509,5365} * 100 = 28,15\%$$

## **Racemo Secundário**

### **. Experimento com Zinco**

A contribuição relativa da produção dos racemos secundários neste experimento correspondeu a 36,77%.

$$Cr = \frac{546,1966}{1.485,4373} * 100 = 36,77\%$$

### **. Experimento com Boro**

A contribuição relativa da produção dos racemos secundários neste experimento correspondeu a 41,64%.

$$Cr = \frac{628,6687}{1.509,5365} * 100 = 41,64\%$$

## **Racemo Terciário**

### **. Experimento com Zinco**

A contribuição relativa dos racemos terciários neste experimento correspondeu a 30,88%.

$$Cr = \frac{458,8062}{1.485,4373} * 100 = 30,88\%$$

### **. Experimento com Boro**

A contribuição relativa dos racemos terciários neste experimento correspondeu a 30,40%.

$$Cr = \frac{458,9166}{1.509,5365} * 100 = 30,40\%$$

Koutroubas, Papakosta e Doitsinis (2000) verificaram que a percentagem de contribuição do racemo primário na produtividade total reduz com o aumento na quantidade de água aplicada, e que em condições de sequeiro a participação dos

racemos primários aumenta quando comparada aos valores obtidos em regime de irrigação. Segundo estes autores, a contribuição relativa da ordem do racemo não é uma característica estável, e depende das condições ambientais, da época de plantio, da cultivar e do regime de cultivo utilizado, sequeiro ou irrigado.

## 5. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos nos experimentos, pode-se concluir o seguinte:

- 1- O diâmetro do caule não sofreu influência significativa do uso de esgoto sanitário.
- 2- A altura do primeiro racemo apresentou diferença significativa para o experimento com zinco em relação à fonte de água utilizada, sendo maior para esgoto sanitário tratado.
- 3- A altura do primeiro racemo foi significativamente maior quando utilizada água de esgoto sanitário tratado no experimento com zinco.
- 4- O aumento da aplicação de boro acarretou um decréscimo na emissão de racemos terciários.
- 5- Com a aplicação de boro e uso de esgoto sanitário tratado constatou-se um melhor desenvolvimento do número de frutos nos racemos secundários.
- 6- Com a aplicação de boro e uso de esgoto sanitário tratado constatou-se um decréscimo no comprimento médio do racemo terciário, afetando diretamente a produção nesta ordem de racemo.
- 7- Verificou-se que com a utilização de esgoto sanitário tratado, o número de frutos do racemo terciário sofreu um acréscimo em torno de 48%.
- 8- O experimento com boro apresentou diferenças estatísticas significativas para o peso dos frutos do racemo terciário em relação à fonte de água utilizada, sendo maior o peso dos frutos quando da aplicação de esgoto sanitário tratado.
- 9- O peso médio das sementes por planta nos racemos terciários foi aproximadamente 42% maior com o uso da fonte de água com esgoto sanitário tratado.

10- Utilizando-se água de esgoto sanitário tratado obteve-se uma produtividade de 161 Kg.ha<sup>-1</sup> a mais que para o uso de água de poço comum.

11- As produtividades potenciais médias gerais encontradas nas condições de ambos os experimentos foram: 1.485,00 kg.ha<sup>-1</sup> no experimento com zinco e 1.509,00 kg.ha<sup>-1</sup> no experimento com boro.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO, D.M.P. de; BELTRÃO, N.E. de M, SANTOS, J.W. dos; LIMA, E. E, BATISTA, F.A.S, NÓBREGA, L.B da., PEREIRA, J.R. **Efeito de população de plantas na eficiência dos consórcios algodoeiro perene milho e algodoeiro perene caupi.** Revista de Oleaginosas e Fibrosas. Campina Grande, v. 5, n. 2, 319-330. 2001.

AZEVEDO, L. P. de & OLIVEIRA, E. L. de. **Efeitos da Aplicação de Esgoto de Tratamento de Esgoto na Fertilidade do Solo e Produtividade de Pepino sob Irrigação Subsuperficial.** Eng. Agríc., Jaboticabal, v.25, n.1, p.253-263, jan./abr. 2005.

AYERS, R.S.;WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura.** Campina Grande, UFPB, 1991. 218p.

ANGELO SAVY FILHO. **Mamoneira: Técnicas de Cultivo.** Informações Técnicas. O Agrônomo, Campinas, 53 (1), 2001. IAC - Centro de Plantas Graníferas.

A. LANGE *et al.*, Pesq. agropec. bras., Brasília, v.40, n.1, p.61-67, jan. 2005 - **Efeito de deficiência de micronutrientes no estado nutricional da mamoneira cultivar Íris.**

BARBOSA FILHO, M.P. **Nutrição e adubação do arroz (sequeiro e irrigado).** Piracicaba: POTAFÓS, 1987. 120 p. (Boletim Técnico, 9).

BASTOS, R. K. X. (Org.) **Utilização de esgotos tratados em fertirrigação, hidroponia e psicultura.** PROSAB 3. Rio de Janeiro: ABES, 2003. 267 p. **BIOSSÓLIDOS NA AGRICULTURA.** 1a. ed. São Paulo, SP: Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - SABESP, 2001. v. 1. 468 p.

BELTRÃO, N. E. M. et al. **Zoneamento e época de plantio da mamoneira para o nordeste brasileiro**. Disponível em: . Acesso em: 16 out. 2004.

BÜLL, L.T. Nutrição mineral do milho. In: BÜLL, L.T.; CANTARELLA, H. **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFOS, 1993. P. 63-145.

CASTRO, Francisco José Ferreira de ; MENEZES, M. A. S. ; da SILVA, F. J. A. ; SOUZA, Raimundo Oliveira de . **Volumes de Esgotos Tratados em Lagoas de Estabilização para Reúso no Ceará**. In: 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2007, Belo Horizonte. **Saneamento ambiental: compromisso ou discurso?**. Rio de Janeiro: ABES, 2007.

CAGECE – **Companhia de Água e Esgoto do Ceará**. Disponível em: <<http://www.cagece.com.br/meioambiente>> Acesso em: 09 de Maio de 2007.

CHOI, C. et al. **Role of irrigation and wastewater reuse: comparison of subsurface irrigation and furrow irrigation**. Water Science and Technology. Vol. 50, nº 2. 2004. p. 61–68.

CONAMA – **Conselho Nacional do Meio Ambiente**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiano.cfm?codlegitipo=3>> Acesso em: 09 de Maio de 2007.

DALTRO FILHO, J. **Saneamento Ambiental: doença, saúde e saneamento da água**. São Cristóvão: Universidade Federal de Sergipe, Aracaju: Fundação Oviêdo Texeira, 2004. 331 p.

Embrapa Algodão. **Crescimento e desenvolvimento da mamona (Ricinus communis L.)**. Comunicado Técnico n.º 146 janeiro/2003. Campina Grande - Pb.

Embrapa Algodão. **Observações sobre a mamona (Ricinus communis L.) asselvajada e cultivada, em areia e em solo próximo do mar**. Comunicado Técnico n.º 193 novembro/2003. Campina Grande - Pb.

Embrapa Algodão. **Torta de mamona (*Ricinus communis* L.): fertilizante e alimento.** Comunicado Técnico n.º 171 janeiro/2003. Campina Grande - Pb.

FERREIRA, M. M. M.; FERREIRA, Gilvan Barbosa et al. Martins ; XAVIER, Regina **Deficiência de Enxofre e Micronutrientes na Mamona (*Ricinus comunis* L.):** Descrição e Efeito sobre o Crescimento e a Produção da Cultura. In: I CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2004, Campina Grande-PB. ANAIS DO I CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2004.

FIGUEIREDO, A. M. F. de et al. **Efeito da fertirrigação de esgotos domésticos tratados na qualidade sanitária e produtividade do quiabo.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.9, (Suplemento), p.322-327, 2005.

GIORDANI, S., SANTOS, D. C. dos. **Possibilidades de reúso dos esgotos domésticos gerados nas Bacias do Alto Iguaçu e Alto Ribeira - Região de Curitiba-Paraná.** Sanare. Revista Técnica da Sanepar, Curitiba, v.19, n.º.19, p. 06-14, 2003.

HUSSAR, G. J. et al. **Efeito do Uso do Esgoto de Reator Anaeróbio Compartimentado na Fertirrigação da Beterraba.** Eng. ambient. - Espírito Santo do Pinhal, v. 2, n. 1, p. 035-045, jan/dez 2005.

IBGE: **Levantamento Sistemático da Produção.** Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso: 25 jun. 2005.

IBGE: **Levantamento Sistemático da Produção.** Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso: 10 out. 2008.

Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE). **Perfil Básico Municipal.** Secretaria do Planejamento e Coordenação (SEPLAN), 2006.

KOUTROUBAS, S. D.; PPAKOSTA, D. K.; DOITSINIS, A. Adaptation and yielding

ability of castor plant (*Ricinus communis* L.) genotypes in a Mediterranean climate. **European journal of agronomy**, Amsterdam, v. 11, p. 227-237, 1999. Disponível em: <<http://www.elsevier.com/locate/eja>>. Acesso em: 21 de Jan. 2006.

KOUTROUBAS, S. D.; PAPAKOSTA, D. K.; DOITSINIS, A. Water requirements for castor oil crop (*Ricinus communis* L.) in a Mediterranean climate. **J. Agro & Crop Science**, Berlin, p. 33-41, 2000. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science>>. Acesso em: 21 mar. 2007.

L.S. Severino et al. , *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.41, n.5, p.879-882, maio 2006, **Notas Científicas, Produtividade e crescimento da mamoneira em resposta à adubação orgânica e mineral.**

L.S. Severino et al., **Crescimento e produtividade da mamoneira adubada com macronutrientes e micronutrientes**, *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.41, n.4, p.563-568, abr. 2006

MAZZANI, B. **Cultivo y mejoramiento de plantas oleaginosas**. Caracas: Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias 1983. 629 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. Piracicaba: Potafos, 1989. 201p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. London: Academic Press, 1995. 889p.

MELLIS, G. V., CIRINO, T. M. A., PASCHOALATO, C. F. P. R., 2004. **O ENQUADRAMENTO LEGAL ESPECÍFICO PARA O REÚSO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DE ETE FRENTE AO CONAMA 20**. XXIX Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental: XXIX Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, XXIX, San Juan, p.inicial 1, p.final 4, Meio magnético.

MOSHKIN, V.A. **Growth and development of the plant.** In: MOSHKIN, V.A. Castor. New Delhi, Indian. Amerind Publishing. co. Pvt. Ltd. 1986. p. 36-42.

MOSHKIN, V.A. **Botanical and biological properties of castor.** In: MOSHKIN, V.A. Castor. NewDelhi, Indian. Amerind Publishing. co. Pvt. Ltd. 1986 a. p. 11-27.

NASCIMENTO, M.B. H. do. **Modificações no ambiente edáfico, na água e na mamoneira submetidos ao uso de biossólido e água residuária.** Dissertação: (Mestrado em Engenharia Agrícola, área de concentração em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal de Campina Grande. Paraíba, 2003. 75 f.

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, v.28, p.323- 337, 1971.**

NETO, F.L. de P. e CARVALHO, J.M.M.de. **Perspectivas para a cultura da mamona no Nordeste em 2006.** In: XLIV Congresso da sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural (SOBER), 2006, Fortaleza.

PAULA S. E CHRISTOPHER A. **O impacto de uma estação de tratamento na irrigação com águas servidas no México.** Revista de Agricultura Urbana. nº 8. 2002.

**PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA.** Disponível em: <<http://www.presidencia.gov.br/legislacao/>> Acesso em: 09 de Maio de 2007.

RODRIGUES, L. N.; NERY, A. R. ; CARVALHO, A. P. ; FERNANDES, P. D. ; BELTRÃO, N.E.M. **Crescimento Foliar da Mamoneira Irrigada com Esgoto Doméstico sob Diferentes Níveis de Reposição da Evapotranspiração.** In: II Congresso Brasileiro de Mamona, 2006, Aracajú-SE. ANAIS - II Congresso Brasileiro de Mamona, 2006. v. CD-ROM.

**PROJETEC/BID/BNB.** Relatório do Plano de Negócio, Promoção e Marketing do DIBAU, v.01, 2004. 222p.

REBOUÇAS, A. da C., **Água na região Nordeste: desperdício e escassez.** Estudos Avançados 11 (29), 1997.

SANTOS, ROBÉRIO FERREIRA dos e KOURI, J. **PANORAMA MUNDIAL DO AGRONEGÓCIO DA MAMONA.** 2º Congresso Brasileiro de Mamona. Sergipe, 15 a 18/08/2006.

SAVY FILHO, A. **Hibridação em mamona.** In: BORÉM, A. (Ed.). Hibridação artificial de plantas. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999. p. 331-356.

SETTI, M. do C. B. de C. S. (1995). **Reúso de água – condições de contorno.** São Paulo, Dissertação de Mestrado - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

SOUZA, A. dos S. **Manejo cultural da mamoneira: Época de plantio, irrigação, espaçamento e competição de cultivares.** Tese: (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2007. 212 f.

SOUZA, E.A.; NEPTUNE, A.M.L. **Resposta da cultura de *Ricinus communis* L. à adubação e calagem.** Científica, v.4, p.274-281, 1976.

SOUZA, J. T. de et al. **Desempenho da cultura do arroz irrigado com esgotos sanitários previamente tratados.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.5, nº.1, p.107-110, 2001.

SOUZA, N. C. **Produtividade da mamona, irrigada com esgoto doméstico tratado em lagoas de estabilização.** Dissertação: (Mestrado em Engenharia Civil, área de concentração em Saneamento ambiental) – Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2006. 131 f.

SOUZA, J. T.; LEITE, V. D. **Tratamento e utilização de esgotos domésticos na agricultura**. Campina Grande: EDUEP, 2002. 84 p.

TSUTIYA, M. T. **Uso agrícola dos esgotos das lagoas de estabilização do Estado de São Paulo**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2001, João Pessoa. Anais: ABES, 2001.

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

YAMADA, T. **Boro: será que estamos aplicando a dose suficiente para o adequado desenvolvimento das plantas?** Informações Agronômicas, n. 90, p. 1-5, 2000.