

IRRIGAÇÃO DA MAMONA (*RICINUS COMMUNIS L.*) USANDO ESGOTO
IRRIGATION OF CASTOR TREE (*RICINUS COMMUNIS L.*) USINGSuetônio Mota¹André Bezerra dos Santos²Boanerges Freire de Aquino³Edglerdânia Luzia Lima de Oliveira⁴Francisco Marcus Lima Bezerra⁵

¹Engenheiro Civil e Sanitarista. Doutor em Saúde Ambiental pela Universidade de São Paulo. Professor Titular do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará. Membro da Academia Cearense de Ciências.

²Engenheiro Civil. Doutor em Saneamento Ambiental pela Universidade de Wageningen, Holanda. Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará.

³Agrônomo. Doutor em Solos pela University of Missouri, Columbia, EUA. Professor Titular do Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal do Ceará.

⁴Agrônoma. Mestre em Agronomia, área de concentração em Irrigação e Drenagem, pela Universidade Federal do Ceará. Pesquisadora do Prosab.

⁵ Agrônomo. Doutor em Irrigação e Drenagem pela ESALQ/USP. Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Agrícola do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará.

Endereço para correspondência: Suetônio Mota - Av. Beira Mar, 4.000 - ap. 600, Cep 60165.121 Fortaleza - Ceará / Fone: (85)3366.96.24/ Fax: (85) 3366.96.27. e-mail: suetonio@ufc.br

RESUMO

Avaliou-se a produtividade da mamona irrigada com esgoto doméstico tratado e com água, usando diferentes doses de nitrogênio e potássio. Foram utilizados oito tratamentos, variando-se os teores de nitrogênio e potássio, e obtendo-se as produtividades nas áreas irrigadas com água e com esgoto tratado. Para a mamona irrigada com esgoto, observou-se: quanto ao comprimento dos racemos, foram obtidas as melhores respostas nos tratamentos em que não ocorreu adubação; para o parâmetro “número de sementes”, as parcelas em que se adicionou nitrogênio forneceram as melhores respostas; para o “peso de 100 sementes”, os melhores resultados ocorreram onde foram aplicados os dois maiores valores de nitrogênio. Para a mamona irrigada com água, os tratamentos com maior adição de nitrogênio forneceram os melhores resultados. As produtividades obtidas nas áreas irrigadas com esgoto tratado mais nitrogênio foram as que apresentaram melhores resultados.

ABSTRACT

The productivity of castor tree irrigated with water and treated sewage, using different nitrogen and potassium doses, was evaluated. Eight treatments were used, varying the concentrations of nitrogen and potassium, and getting the productivity from the areas irrigated with water and treated sewage. For the castor tree irrigated with sewage, it was observed: regarding the raceme length, the best responses were in the treatments that did not contain any fertilizer; for

the parameter “seed number”, the areas supplemented with nitrogen provided the highest productivity; for the “100 seeds weight” parameter, the best results occurred where contained the two highest nitrogen levels. For the castor tree irrigated with water, the treatments with high nitrogen concentrations provided the best results. The productivities achieved in the areas irrigated with treated sewage and nitrogen supply were the best.

Palavras-chave: reúso de águas; irrigação com esgoto; mamona (*Ricinus communis L.*); macro-nutrientes.

Key words: reuse of water; irrigation with sewage; castor tree (*Ricinus communis L.*); macro-nutrients.

1. INTRODUÇÃO

O consumo de água nas atividades humanas varia muito de um local para outro. Os vários usos múltiplos da água e as permanentes necessidades deste recurso face ao crescimento populacional e às demandas industriais e agrícolas, têm gerado permanente pressão sobre os recursos hídricos superficiais e subterrâneos (TUNDISI, 2003). Como consequência, percebe-se um aumento acentuado na escassez de mananciais com qualidade adequada para consumo humano, onerando os custos com o tratamento de água. Assim, vem sendo necessária a utilização de águas de classificação inferior para atividades que requeiram menor qualidade, como é o caso da agricultura.

Em regiões áridas e semi-áridas, as pressões sobre os recursos hídricos são bem maiores, devido à baixa oferta de água. Logo, muitas medidas são tomadas e estudadas para aumentar a oferta de água nessas regiões. Além da administração das bacias hidrográficas locais, um aumento no tratamento de esgotos sanitários provenientes de centros urbanos está sendo estimulado, assim como a adaptação do uso de esgotos tratados para diversas atividades, como: irrigação, piscicultura, recreação, paisagismo e o uso industrial.

O reúso na agricultura traz muitos benefícios, mas existem restrições que limitam significativamente os seus usos (PAGANINI, 2003). Os constituintes presentes nos esgotos brutos e tratados podem ser nocivos ao solo, às águas subterrâneas e superficiais, às culturas e à saúde. Dessa forma, torna-se imprescindível o estudo da qualidade das águas de irrigação e da viabilidade do seu uso, considerando suas diversas variáveis que refletem na saúde dos homens e dos animais, na proteção do meio ambiente, na manutenção da fertilidade do solo, e na produtividade e qualidade das culturas (ALMEIDA, 2005).

Conforme Tundisi (2003), a intensificação da produção agrícola resultou em uso da irrigação em larga escala, tendo como resultado a retirada de 70% da água disponível, em que somente 30% a 60% desta retorna a jusante, tornando

a irrigação, em termos globais, o maior usuário da água doce do planeta. O uso de águas residuárias na irrigação de culturas é uma forma alternativa de reduzir a demanda de água nesta prática, além de ser uma medida de controle de poluição de corpos de água.

Sabe-se que os esgotos sanitários são, normalmente, ricos em matéria orgânica e nutrientes. O lançamento destes esgotos em águas superficiais pode causar grandes impactos ambientais, seja pela diminuição do oxigênio dissolvido devido à presença de matéria orgânica, seja pelo fenômeno da eutrofização devido ao aumento da concentração dos nutrientes no corpo receptor (VON SPERLING, 2005).

A utilização de efluentes de estações de tratamento de esgoto (ETE) na agricultura representa um importante suplemento de água para a irrigação, já que os nutrientes minerais e o conteúdo orgânico possuem um grande valor como fertilizantes. Os sistemas de tratamento de esgotos por lagoas de estabilização são ideais para a irrigação, pois fornecem um efluente de excelente qualidade físico-química e microbiológica (PEARSON *et al*, 1988 *apud* SANTIAGO, 1999).

Segundo Bastos (2003), na fertirrigação, a aplicação de fertilizantes também é melhor controlada e parcelada, evitando perdas e atendendo às necessidades nutricionais das plantas nas diferentes etapas de desenvolvimento. A irrigação com esgotos sanitários é uma forma de fertirrigação, e o fornecimento de nutrientes se dá de modo contínuo e gradual, bem como gradual pode ser a disponibilidade dos nutrientes, dependendo da forma (espécie) veiculada pelo efluente aplicado ao solo. A interação entre os diferentes macros e micronutrientes é um dos aspectos mais importantes no processo de nutrição das plantas, merecendo, portanto, investigações detalhadas.

A mamoneira (*Ricinus communis L*) é uma oleaginosa de grande importância econômica e social, sendo uma planta rústica, heliófita, resistente à seca e encontrada em diversas regiões do país. Seu principal produto é o óleo extraído das sementes, que é utilizado na fabricação de cosméticos, aditivos de combustíveis, como o biodiesel, lubrificantes, indústria de plásticos, etc. Segundo Beltrão (2004), o cultivo da mamona no Brasil é antigo, visto ter sido introduzido pelos portugueses, há séculos, e, desde o início do século passado, é uma das culturas importantes para os pequenos e médios produtores do Brasil.

A mamoneira é uma planta exigente em nutrientes, tendo nas sementes elevada concentração de óleo e proteínas, o que conduz a uma demanda por elementos essenciais, especialmente nitrogênio, potássio, fósforo, cálcio e magnésio. Para uma produtividade de 2000 kg/ha de sementes, retira do solo as seguintes quantidades de nutrientes: 80 kg de nitrogênio (N), 18 kg de pentóxido de fósforo (P_2O_5), 32 kg de óxido de potássio (K_2O), 12 kg de óxido de Cálcio (CaO) e 10 kg de óxido de magnésio (MgO). Por isso, seu cultivo deve ser feito em solos com boa fertilidade

natural ou com suprimento de fertilizantes orgânicos ou minerais para produzir bem (BELTRÃO e GONDIM, 2006).

O óleo da mamona apresenta diversas vantagens em relação aos outros óleos vegetais, quando se trata de produzir biodiesel na região nordeste. Além disso, o óleo de mamona é o melhor para produzir biodiesel por ser o único solúvel em água e não necessitar de calor e do conseqüente gasto de energia que requerem outros óleos vegetais em sua transformação para combustível (SANTOS, 2004).

De acordo com Milani e Severino (2006), o óleo de mamona possui diversas utilizações industriais, desde próteses ósseas até lubrificantes de motores. A atual legislação que institui a adição de biodiesel ao diesel criou grande expectativa na produção de mamona, visto ser um dos óleos indicados para a produção deste, gerando uma demanda por cultivares com adaptação em regiões onde o cultivo da mamona não é tradicional.

O óleo de mamona possui também centenas de aplicações dentro da indústria química, sendo uma matéria prima versátil com a qual se podem fazer diversas reações, dando origem a produtos variados. Suas principais aplicações são para fabricação de graxas e lubrificantes, tintas, vernizes, espumas e materiais plásticos para diversos fins. Derivados de óleo de mamona podem ser encontrados até em cosméticos e produtos alimentares (EMBRAPA, 2008).

Tendo como objetivo a produção de óleo, a ricinocultura parece constituir o verdadeiro caminho e vocação para o semi-árido, pelas seguintes razões (PARENTE, 2003):

- A mamoneira se adapta muito bem ao clima e às condições de solo do semi-árido.
- Estudos realizados pelo CNPA – Centro Nacional de Pesquisa do Algodão, em Campina Grande, está disponibilizando cultivares de mamoneiras que permitem altas produtividades.
- A lavoura da mamona se presta para a agricultura familiar, podendo apresentar renda elevada.
- A torta resultante da extração do óleo de mamona se apresenta como adubo de excelência, encontrando aplicações ideais na fruticultura, olericultura e floricultura, atividades importantes e crescentes nos perímetros irrigados nordestinos.
- A lavoura de um 1 (um) hectare de mamona pode absorver até 8 (oito) toneladas de CO_2 da atmosfera, contribuindo de forma relevante para o combate do efeito estufa.

Na mamona, a nutrição e a adubação mineral possuem grande influência no processo produtivo. Tal prática possibilita aumento de produtividade, apesar de elevar os custos de produção. Assim, faz-se necessário otimizar o cultivo de forma a se obter o maior rendimento com o menor custo possível (CARVALHO, 1998 *apud* SEVERINO *et al*, 2005).

Esta pesquisa teve como objetivo avaliar o desenvolvimento de mamoneiras irrigadas com esgoto

doméstico tratado e com água, utilizando diferentes níveis dos macronutrientes nitrogênio e potássio na adubação das culturas.

METODOLOGIA

O experimento foi realizado no Centro de Pesquisa sobre Tratamento de Esgotos e Reúso de Águas, situado próximo à estação de tratamento de esgoto (ETE) do município de Aquiraz – CE, da Cagece (Companhia de Água e Esgoto do Ceará). A ETE é composta de quatro lagoas de estabilização em série: 01 anaeróbia; 01 facultativa; 02 de maturação. Utilizou-se o efluente da última lagoa de maturação, o qual vem sendo usado em outras pesquisas sobre reúso de águas em irrigação e piscicultura desenvolvidas no local.

O solo da área da pesquisa foi classificado como Argissolo acinzentado eutrófico com textura arenosa.

Para a irrigação da área do tratamento controle, a água bruta foi bombeada para um reservatório de 10.000 L e, em seguida, distribuída para o sistema de irrigação. O armazenamento de esgoto tratado foi feito em outro reservatório de 10.000 L. Vale ressaltar que antes dos reservatórios foram instalados filtros de disco para a remoção de sólidos em suspensão, de modo a evitar o entupimento dos microaspersores.

A cultura utilizada foi a Mamona (*Ricinus communis L.*), cultivar Nordeste BRS – 149, Safra 2005. A cultura foi irrigada por microaspersão, no espaçamento de 2,5 x 2,0 m. O espaçamento entre plantas foi de 1,25 m. Foram implantadas duas áreas compostas de: sistema irrigado com água, com área de 40m x 33m; sistema irrigado com esgoto tratado, com área de 65m x 19m. Foram usados microaspersores com vazão de 50L/hora, sendo que cada microaspersor irrigava 6 plantas. Cada fileira era composta de 3 plantas. As áreas dos sistemas de irrigação foram distribuídas em função da disponibilidade do terreno. No entanto, embora diferentes, foram observadas as mesmas parcelas, distribuição e número de plantas nas duas áreas.

Realizou-se coveamento, adubação (observando os diferentes tratamentos) e semeadura nas áreas irrigadas com água e com esgoto tratado. Após 15 dias da semeadura, procedeu-se ao desbaste da mamona irrigada. Nas covas onde ocorreu falha na germinação, realizou-se o replantio.

O experimento constou de duas áreas distintas (irrigadas com água e com esgoto), com 8 tratamentos em cada uma, com 4 repetições (Blocos) com 6 plantas. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso. As parcelas foram numeradas de 1 a 8, indicando o tipo de adubação aplicada.

Com exceção do Tratamento 8, foram incorporados, além de N e K, adubo orgânico (6 litros por cova), FTE (*Fritz Trace Element*) = 20g/cova, Superfostato Simples = 100g/cova e Calcário dolomítico = 50g/cova.

As doses de nitrogênio e potássio utilizadas foram

definidas em função das características do solo, do tipo de cultura e de dosagens de nutrientes comumente usadas na região. Foram avaliados os seguintes tratamentos, em cada área:

- T1-N0K0: Sem nitrogênio e sem potássio
- T2-N0K1: Sem nitrogênio e 30g de potássio
- T3-N0K2: Sem nitrogênio e 60g de potássio
- T4-N0K3: Sem nitrogênio e 90g de potássio
- T5-N1K0: 30 g de nitrogênio e sem potássio
- T6-N2K0: 60 g de nitrogênio e sem potássio
- T7-N3K0: 90 g de nitrogênio e sem potássio
- T8-N0K0: sem nitrogênio, sem potássio e sem adubação orgânica.

Os racemos foram colhidos e seus comprimentos foram medidos utilizando-se uma trena; em seguida, os frutos foram retirados e colocados para secar ao sol; por fim, foram contados os números de sementes e pesadas 100 sementes de cada tratamento, em uma balança digital.

A análise estatística foi feita utilizando o programa estatístico Sisvar, para realização do Teste de Tukey, a nível de significância de 0,05 ($p < 0,05$).

Foi realizada análise estatística das variáveis estudadas durante o experimento da mamona irrigada com esgoto doméstico e água de poço, compreendendo: comprimento do racemo; número de sementes; peso de 100 sementes; produção.

Para a realização da análise estatística, foram utilizadas as médias dos quatro blocos (repetições para cada tratamento), obtidas para as variáveis estudadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Características da água e do esgoto tratado

A Tabela 1 contém as características da água e do esgoto tratado, usados na irrigação das parcelas onde as mamoneiras foram cultivadas.

Observa-se que o esgoto tratado utilizado oferece condições adequadas para uso em irrigação irrestrita (WHO, 2006). Optou-se por usar esse efluente devido a pesquisa ser realizada em local com toda a infra-estrutura disponível para tal. Além disso, com um efluente de boa qualidade são reduzidos os riscos de contaminação dos operadores do sistema de irrigação.

Em termos de qualidade para irrigação, o esgoto tratado usado na pesquisa classifica-se como C2S1, com risco médio de causar salinização do solo (indicado pela Condutividade Elétrica) e risco baixo de provocar a diminuição da permeabilidade do solo (representado pela RAS – Razão de Adsorção de Sódio), de acordo com o Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos da América (MOTA, 2008). Como o solo do local tem textura arenosa, considera-se que não existem restrições de uso, desde que se observem os necessários cuidados de manejo (aplicação correta da água, garantia de lixiviação).

DOMÉSTICO TRATADO E DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO E POTÁSSIO
TREATED SEWAGE AND DIFFERENT NITROGEN AND POTASSIUM DOSES

Tabela 1 - Características da água e do esgoto usados na irrigação das mamoneiras

Parâmetro	Característica	n	média	desv pad	min	máx	coef var
pH	Água	13	6,0	0,7	4,9	7,2	0,12
	Esgoto tratado	13	7,8	1,2	5,8	9,4	0,15
Condutividade (mS/cm)	Água	13	208	30	160	260	0,14
	Esgoto tratado	13	727	137	420	870	0,19
RAS (mmol/L)	Água	13	1,2	0,4	0,9	1,6	0,02
	Esgoto tratado	13	3,8	1,0	2,8	5,1	0,08
Sódio (mg/L)	Água	3	19,2	9,3	9,2	27,6	0,48
	Esgoto tratado	3	53,7	21,9	32,2	75,9	0,41
Cálcio (mg/L)	Água	3	16,0	4,0	12,0	20,0	0,25
	Esgoto tratado	3	45,4	12,9	36,0	60,1	0,28
Magnésio (mg/L)	Água	3	16,2	13,4	7,2	31,6	0,83
	Esgoto tratado	3	28,0	3,6	24,3	31,6	0,13
Potássio (mg/L)	Água	6	10,1	6,7	3,9	16,2	0,67
	Esgoto tratado	6	26,2	10,3	15,6	36,1	0,39
Alcalinidade (mg CaCO ₃ /L)	Água	11	15,6	4,2	11,2	24,8	0,27
	Esgoto tratado	11	148,1	19,8	105,8	167,2	0,13
Cloretos (mg Cl-/L)	Água	4	37,7	2,6	36,0	41,4	0,07
	Esgoto tratado	4	92,5	7,3	85,4	101,7	0,08
DBO (mg/L)	Água	5	16,6	18,4	3,6	48,9	1,11
	Esgoto tratado	5	36,7	21,3	23,1	74,4	0,58
DQO total (mg/L)	Água	9	72,6	90,7	5,0	280,0	1,25
	Esgoto tratado	10	111,8	88,0	25,0	325,0	0,79
DQO filtrada (mg/L)	Água	4	30,2	22,3	5,0	50,0	0,74
	Esgoto tratado	6	51,4	27,3	29,9	105,0	0,53
ST (mg/L)	Água	5	219,3	44,5	145,0	251,0	0,20
	Esgoto tratado	5	520,6	264,7	307,0	962,0	0,51
SST (mg/L)	Água	4	6,8	5,4	1,0	14,0	0,80
	Esgoto tratado	4	15,2	23,1	-9,0	42,0	1,51
STD (mg/L)	Água	4	214,8	47,2	144,0	240,0	0,22
	Esgoto tratado	4	547,5	265,4	305,0	920,0	0,48
Amônia (mg N-NH ₃ /L)	Água	3	0,0	0,0	0,0	0,0	-
	Esgoto tratado	3	7,7	1,6	6,2	9,3	0,20
Fósforo (mg/L)	Água	7	0,2	0,3	0,0	0,6	1,28
	Esgoto tratado	7	12,8	12,6	0,0	27,2	0,99
Coliformes Totais (NMP/100 mL)	Água	8	2,98E+02	9,41E+02	8,00E+01	2,50E+03	1,40
	Esgoto tratado	6	6,53E+02	2,97E+03	2,00E+01	7,77E+03	1,40
E. coli (NMP/100 mL)	Água	6	2,65E+01	2,64E+02	1,00E+00	6,70E+02	1,72
	Esgoto tratado	5	7,73E+01	5,03E+02	1,50E+01	1,18E+03	1,61
Ovos de Helminthos (ovos/L)	Água	5	0,0	0,0	0,0	0,0	-
	Esgoto tratado	5	0,4	1,0	0,0	3,3	2,28
Turbidez (UT)	Água	11	13,1	8,3	3,8	33,0	0,63
	Esgoto tratado	11	29,6	24,2	10,2	99,5	0,82

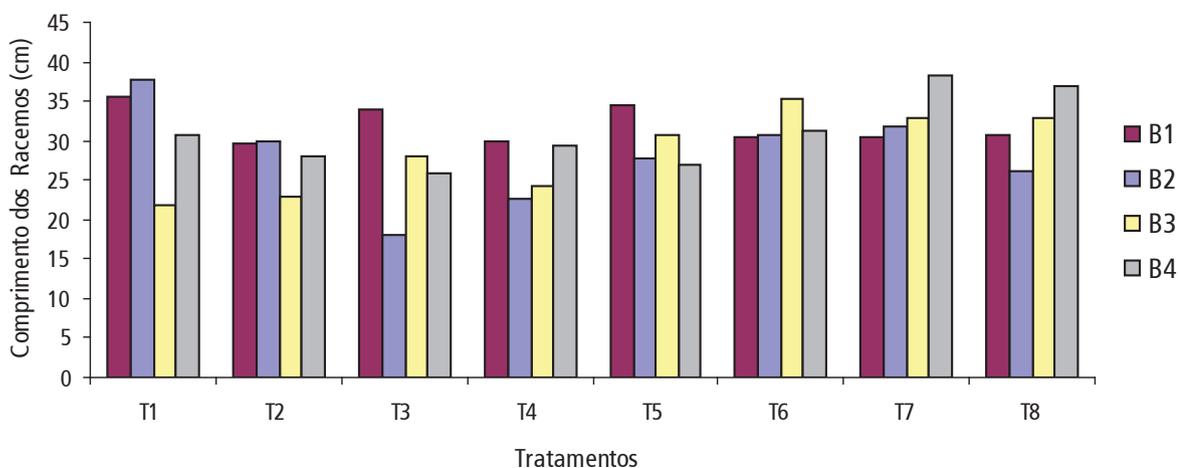
n – número de amostras; desv pad – desvio padrão; mín - mínimo; max – máximo; coef var – coeficiente de variação; RAS – Razão de Adsorção de Sódio; DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio; DQO – Demanda Química de Oxigênio; ST – sólidos totais; SST – sólidos suspensos totais; STD – sólidos totais dissolvidos.

IRRIGAÇÃO DA MAMONA (*RICINUS COMMUNIS L.*) USANDO ESGOTO
IRRIGATION OF CASTOR TREE (*RICINUS COMMUNIS L.*) USING

Desenvolvimento das culturas

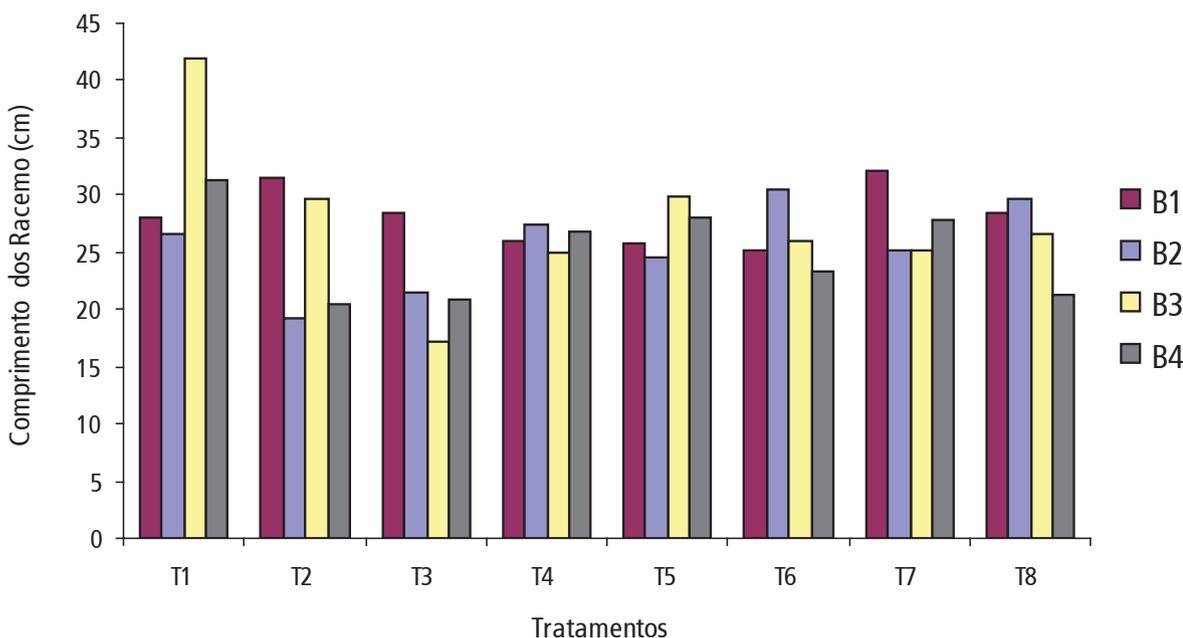
A Figura 1 mostra os valores do comprimento dos racemos das plantas irrigadas com esgoto doméstico. Pode-se observar que os comprimentos, em todos os tratamentos, variaram entre 20 cm e 40 cm.

Os comprimentos dos racemos das plantas irrigadas com água de poço são mostrados na Figura 2. Os maiores comprimentos ficaram entre 30 cm e 35 cm, com exceção do Tratamento 1 / Bloco 3, com valor acima de 40 cm.



Obs. B – Bloco; T1-N0K0: Sem nitrogênio e sem potássio; T2-N0K1: Sem nitrogênio e 30g de potássio; T3-N0K2: Sem nitrogênio e 60g de potássio; T4- N0K3: Sem nitrogênio e 90g de potássio; T5- N1K0: 30 g de nitrogênio e sem potássio; T6- N2K0: 60 g de nitrogênio e sem potássio; T7- N3K0: 90 g de nitrogênio e sem potássio; T8- N0K0: sem nitrogênio, sem potássio e sem adubação orgânica.

Figura 1 - Comprimentos dos racemos irrigados com esgoto doméstico tratado.

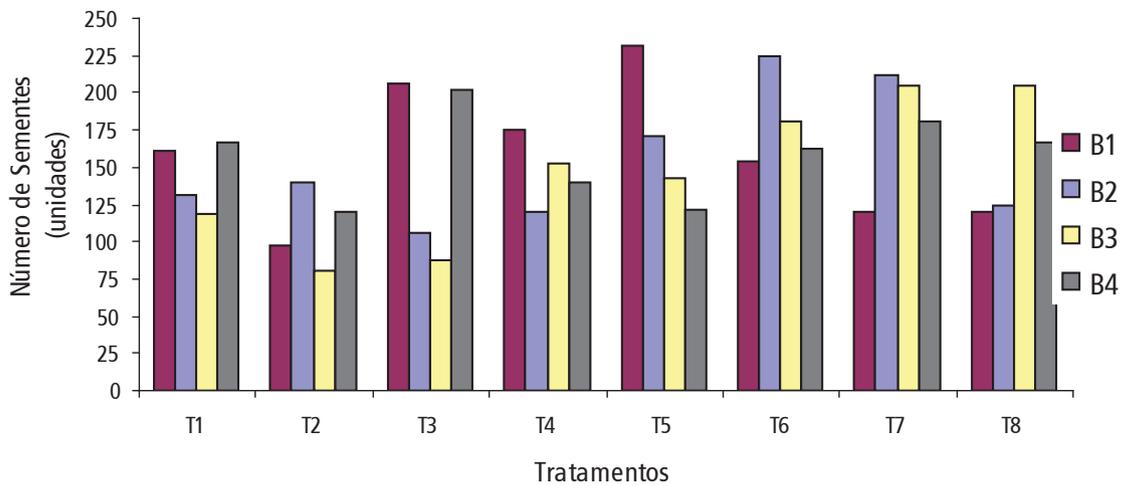


Obs. B – Bloco; T1-N0K0: Sem nitrogênio e sem potássio; T2-N0K1: Sem nitrogênio e 30g de potássio; T3-N0K2: Sem nitrogênio e 60g de potássio; T4- N0K3: Sem nitrogênio e 90g de potássio; T5- N1K0: 30 g de nitrogênio e sem potássio; T6- N2K0: 60 g de nitrogênio e sem potássio; T7- N3K0: 90 g de nitrogênio e sem potássio; T8- N0K0: sem nitrogênio, sem potássio e sem adubação orgânica.

Figura 2 - Comprimento dos racemos da cultura da mamona irrigada com água de poço.

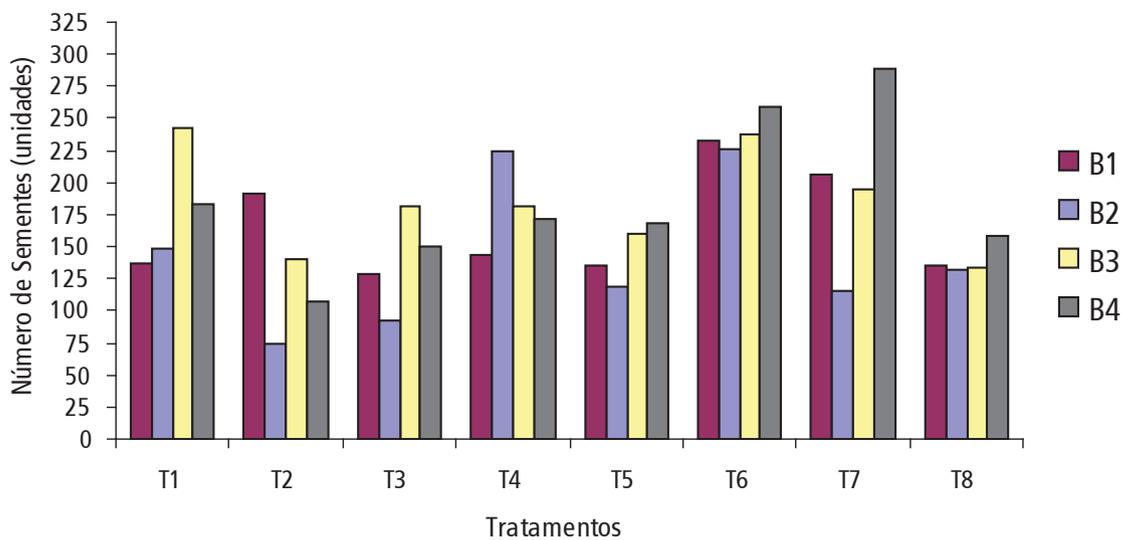
DOMÉSTICO TRATADO E DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO E POTÁSSIO
TREATED SEWAGE AND DIFFERENT NITROGEN AND POTASSIUM DOSES

Nas Figuras 3 e 4 são mostrados os valores do parâmetro “números de sementes” para as mamonas irrigadas com esgoto doméstico e água, respectivamente. Para o esgoto (Figura 3) pode-se observar que os tratamentos T5 e T6 forneceram as melhores respostas, com valores entre 225 e 250 sementes em alguns blocos. A pior resposta ocorreu no tratamento T2, com 75 sementes, no Bloco B3. Para a água (Figura 4), nota-se que o tratamento 6 (N2K0: 60 g de nitrogênio e sem potássio) forneceu uma melhor resposta, quando comparado aos demais tratamentos em todos os blocos. De maneira isolada, o tratamento que se destaca é o T7 (Bloco 4), com números de semente superiores a 275 sementes.



Obs. B – Bloco; T1-N0K0: Sem nitrogênio e sem potássio; T2-N0K1: Sem nitrogênio e 30g de potássio; T3-N0K2: Sem nitrogênio e 60g de potássio; T4- N0K3: Sem nitrogênio e 90g de potássio; T5- N1K0: 30 g de nitrogênio e sem potássio; T6- N2K0: 60 g de nitrogênio e sem potássio; T7- N3K0: 90 g de nitrogênio e sem potássio; T8- N0K0: sem nitrogênio, sem potássio e sem adubação orgânica.

Figura 3 - Número de sementes da mamona irrigada com esgoto doméstico tratado.



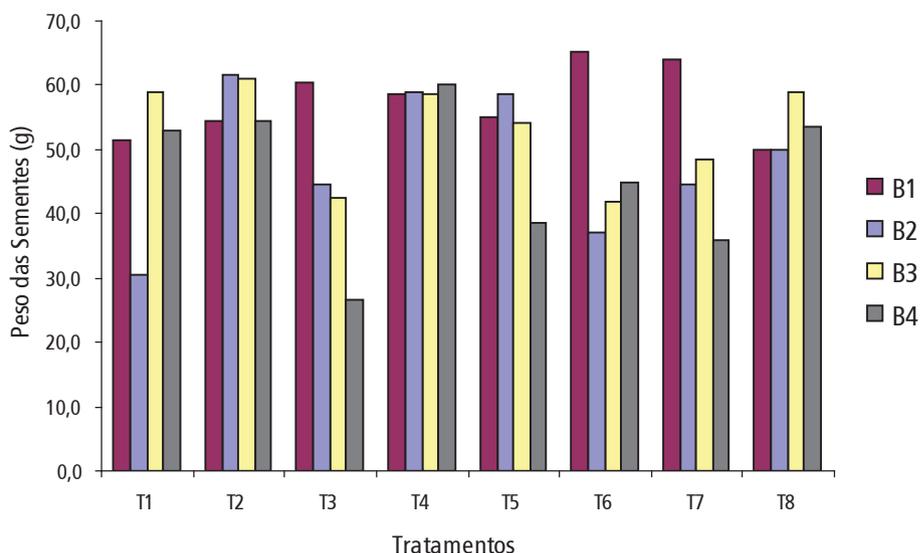
Obs. B – Bloco; T1-N0K0: Sem nitrogênio e sem potássio; T2-N0K1: Sem nitrogênio e 30g de potássio; T3-N0K2: Sem nitrogênio e 60g de potássio; T4- N0K3: Sem nitrogênio e 90g de potássio; T5- N1K0: 30 g de nitrogênio e sem potássio; T6- N2K0: 60 g de nitrogênio e sem potássio; T7- N3K0: 90 g de nitrogênio e sem potássio; T8- N0K0: sem nitrogênio, sem potássio e sem adubação orgânica.

Figura 4 - Número de sementes da mamona irrigada com água.

IRRIGAÇÃO DA MAMONA (*RICINUS COMMUNIS L.*) USANDO ESGOTO
IRRIGATION OF CASTOR TREE (*RICINUS COMMUNIS L.*) USING

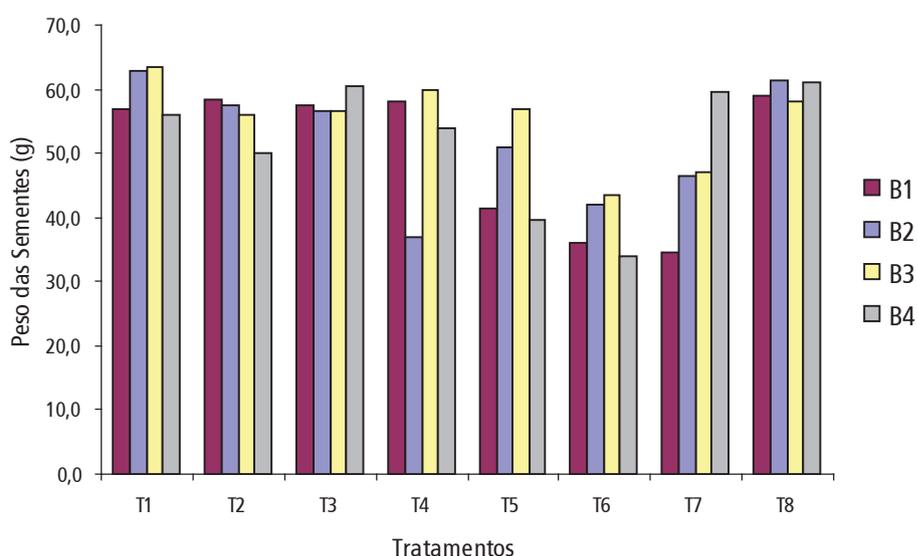
Na figura 5 são apresentados os valores do parâmetro “pesos de 100 sementes” obtidos nos experimentos com esgoto tratado. Pode-se observar que os melhores resultados ocorreram nos tratamentos com valores de nitrogênio entre 60g e 90g, nos tratamentos T6 e T7, respectivamente. Os piores resultados para este parâmetro foram observados nos tratamentos T1 e T3, cujos valores ficaram entre 20g e 30g.

A Figura 6 apresenta os valores do parâmetro “pesos de 100 sementes” obtidos nos experimentos usando água. Observa-se que, em todos os tratamentos, os valores maiores ficaram entre 50g e 65g.



Obs. B – Bloco; T1-N0K0: Sem nitrogênio e sem potássio; T2-N0K1: Sem nitrogênio e 30g de potássio; T3-N0K2: Sem nitrogênio e 60g de potássio; T4- N0K3: Sem nitrogênio e 90g de potássio; T5- N1K0: 30 g de nitrogênio e sem potássio; T6- N2K0: 60 g de nitrogênio e sem potássio; T7- N3K0: 90 g de nitrogênio e sem potássio; T8- N0K0: sem nitrogênio, sem potássio e sem adubação orgânica.

Figura 5 - Peso de 100 sementes de mamona irrigada com esgoto doméstico tratado.



Obs. B – Bloco; T1-N0K0: Sem nitrogênio e sem potássio; T2-N0K1: Sem nitrogênio e 30g de potássio; T3-N0K2: Sem nitrogênio e 60g de potássio; T4- N0K3: Sem nitrogênio e 90g de potássio; T5- N1K0: 30 g de nitrogênio e sem potássio; T6- N2K0: 60 g de nitrogênio e sem potássio; T7- N3K0: 90 g de nitrogênio e sem potássio; T8- N0K0: sem nitrogênio, sem potássio e sem adubação orgânica.

Figura 6 - Peso de 100 sementes de mamona irrigada com água.

DOMÉSTICO TRATADO E DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO E POTÁSSIO TREATED SEWAGE AND DIFFERENT NITROGEN AND POTASSIUM DOSES

A Tabela 2 contém os dados de produtividade média da mamona, nas parcelas irrigadas com água e com esgoto, nos oito tratamentos.

Tabela 2 – Produtividades médias das mamonas irrigadas com água e com esgoto, em kg/ha.

Tratamentos	Descrição dos Tratamentos	Produtividade (kg/ha)	
		Irrigação com água	Irrigação com esgoto
T1 - N0K0	Sem Nitrogênio e sem Potássio	1.276,00	1.145,20
T2 - N0K1	Sem N + 30kg/ha de K	1.166,80	932,94
T3 - N0K2	Sem N + 60kg/ha de K	1.063,20	702,09
T4 - N0K3	Sem N + 90kg/ha de K	980,00	1.143,42
T5 - N1K0	30kg/ha de N e sem K	1.315,20	1.350,33
T6 - N2K0	60kg/ha de N e sem K	1.476,00	2.067,16
T7 - N3K0	90kg/ha de N e sem K	1.610,00	2.201,60
T8 - N0K0 – sem adubação orgânica	Sem Nitrogênio, potássio e adubação orgânica	978,00	1.432,52

Observa-se que nos tratamentos que apresentaram melhores resultados foram aplicados 60 e 90 kg/ha de Nitrogênio, sem a utilização de Potássio. Os valores de produtividade foram bem superiores quando se utilizou o esgoto doméstico tratado mais Nitrogênio na irrigação.

Este fato pode ser justificado pelo papel deste nutriente no crescimento dos tecidos vegetais, sendo o Nitrogênio o constituinte fundamental das membranas celulares (natureza lipo-proteica).

Para o tratamento onde não foram aplicadas doses de nitrogênio e potássio, nem foi usada adubação orgânica (T8 – N0K0), a área irrigada com esgoto doméstico tratado apresentou maior produtividade (1.432,52 kg/ha) do que a irrigada com água (978,00 kg/ha), indicando que o esgoto contém parte dos elementos necessários ao desenvolvimento das culturas.

Segundo Beltrão *et al.* (2003), a cultivar BRS 149, em regime de sequeiro, tem uma produtividade média entre 1.000 e 1.500 kg/ha, dependendo das chuvas do ano e do local de produção.

Souza *et al.* (2007), em trabalho realizado na mesma área desta pesquisa, obtiveram os seguintes resultados médios de produtividade: mamoneiras irrigadas com água mais adubação recomendada em função das características do solo – 887,5 kg/ha; mamoneiras irrigadas com esgoto tratado mais adubação recomendada – 1.986,2 kg/ha; mamoneiras irrigadas somente com esgoto tratado – 1.214,6 kg/ha; mamoneiras irrigadas com esgoto mais metade da adubação recomendada – 1.412,4 kg/ha.

Análise estatística

As Tabelas 3 e 4 mostram os resultados da análise estatística das variáveis estudadas durante o experimento da mamona irrigada com esgoto doméstico e água de poço, respectivamente.

Para a realização da análise estatística, foram utilizadas as médias dos quatro blocos (repetições para cada tratamento), obtidas para as variáveis estudadas.

Na Tabela 3, observa-se que somente para a variável “comprimento dos racemos” ocorreu influência significativa

($p < 0,05$) entre os tratamentos e entre as repetições (blocos), não sendo observadas diferenças significativas para os demais parâmetros. Quanto à produtividade, ocorreu diferença significativa entre os blocos, mas não houve significância entre os tratamentos.

Pela Tabela 4 pode-se verificar que o tratamento influenciou significativamente ($p < 0,05$) para as variáveis comprimento dos racemos, número de sementes e peso de 100 sementes da mamoneira, ao contrário das repetições (blocos), onde só ocorreu significância no peso de 100 sementes. Para as demais variáveis analisadas, não ocorreram influências significativas nem entre os tratamentos nem entre os blocos.

Tabela 3 - Resumo das análises de variâncias: Comprimento do Racemo (CR), Número de Sementes (NS), Peso de 100 Sementes (P100S) e Produção (PD), da mamona irrigada com esgoto doméstico tratado.

Quadro Médio	ESGOTO					
	F.V	GL	CR	NS	P100S	PD
Tratamento	7	52,33*	2981,59 ^{ns}	113,97 ^{ns}	7543,16 ^{ns}	
Repetição	3	42,91*	708,97 ^{ns}	211,94 ^{ns}	88251,35*	
Resíduo	21	7,60	1412,43	77,20	10100,06	
Média		29,64	153,53	51,13	303,06	
C.V (%)		9,3	24,71	17,18	33,16	

Significativo a 0,05 (*) de probabilidade, (^{ns}) não significativo
F. V: Fonte de Variação; GL: Grau de Liberdade; CV: Coeficiente de Variação

Tabela 4 - Resumo das análises de variâncias: Comprimento do Racemo (CR), Número de Sementes (NS), Peso de 100 Sementes (P100S) e Produção (PD), da mamona irrigada com água de poço.

Quadro Médio	ÁGUA					
	F.V	GL	CR	NS	P100S	PD
Tratamento	7	64,19*	5702,07*	206,71*	10714,61 ^{ns}	
Repetição	3	48,84 ^{ns}	3414,44 ^{ns}	169,89*	25278,92 ^{ns}	
Resíduo	21	7,60	1394,27	26,99	9555,86	
Média		26,04	168,71	52,00	346,23	
C.V (%)		20,33	22,13	9,99	28,23	

Significativo a 0,05 (*) de probabilidade, (^{ns}) não significativo
F. V: Fonte de Variação; GL: Grau de Liberdade; CV: Coeficiente de Variação

IRRIGAÇÃO DA MAMONA (*RICINUS COMMUNIS L.*) USANDO ESGOTO DOMÉSTICO
TRATADO E DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO E POTÁSSIO
IRRIGATION OF CASTOR TREE (*RICINUS COMMUNIS L.*) USING TREATED SEWAGE AND
DIFFERENT NITROGEN AND POTASSIUM DOSES

CONCLUSÕES

Com base nos resultados da pesquisa, pode-se concluir que:

1. Sistemas de lagoas de estabilização em série compostos de quatro unidades de tratamento podem resultar, em regiões com características semelhantes às da área desta pesquisa, em efluentes com condições de uso em irrigação irrestrita.
2. Quanto ao número de sementes das plantas irrigadas com esgoto, os tratamentos que continham doses de nitrogênio forneceram os melhores resultados (T5 e T6). A não adição de nitrogênio implicou em produtividades bem baixas, como a observada no tratamento T2. Para a mamona irrigada com água, as produtividades cresceram com o aumento das doses de nitrogênio, sendo os melhores resultados encontrados nos tratamentos T6 e T7.
3. Com relação ao parâmetro “peso de 100 sementes”, os melhores tratamentos para a área irrigada com esgoto foram obtidos onde se aplicaram as maiores doses de nitrogênio (T6 e T7); os menores valores foram observados nos tratamentos sem a presença de nitrogênio e potássio (T1).
4. Quanto à produtividade na área irrigada com esgoto tratado, observou-se que os melhores valores foram obtidos nos tratamentos onde houve a aplicação de doses de 60 e 90 kg/ha de Nitrogênio, sem utilização de Potássio, obtendo-se valores de 2.067,16 e 2.201,60 kg/ha, respectivamente. Este fato pode ser justificado pelo papel deste nutriente no crescimento dos tecidos vegetais, sendo o Nitrogênio o constituinte fundamental das membranas celulares (natureza lipo-proteica).
5. Os valores de produtividade estão compatíveis com os obtidos em outras pesquisas com mamona, alcançando, alguns deles, números superiores.
6. A utilização de esgoto doméstico tratado na irrigação de mamoneiras e de outras culturas constitui uma prática a ser incentivada em regiões com carência de água como a do semi-árido nordestino.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos Programas ProSab / Finep, ao CNPq, e à Cagece (Companhia de Água e Esgoto do Ceará), pelo apoio para a realização da pesquisa.

REFERÊNCIAS

Almeida, E. C. Alterações no solo e produção de feijão-caupi pela disposição subsuperficial de esgoto. Dissertação de Mestrado. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará. 2005.

Bastos, R.K.X. (coordenador) Utilização de esgotos tratados em fertirrigação, hidroponia e piscicultura. Rio de Janeiro: ABE, 2003.

Beltrão, N.E. de M. A cadeia da mamona no Brasil, com

ênfase para o segmento P&D: estado da arte, demandas de pesquisa e ações necessárias para o desenvolvimento. Campina Grande, PB: EMBRAPA, 2004.

Beltrão, N.E. de M.; Gondim, T.M.S. Sistemas de produção: Cultivo da mamona. Versão eletrônica Embrapa Algodão, Set/2006. 2ed. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mamona/CultivodaMamona_2ed/adubacao.html>. Acesso: 15 de abril de 2008.

Embrapa. Apresentação do produto da mamona. Disponível em: <<http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/mamona/apresentacao.html>> Acesso: 10 de abril de 2008.

Milani, M.; Severino, L.S. Sistemas de produção: Cultivo da mamona. Versão eletrônica Embrapa Algodão, Set/2006. 2ed. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mamona/CultivodaMamona_2ed/index.html>. Acesso: 07 de abril de 2008.

Mota, S. Gestão ambiental de recursos hídricos. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2008.

Paganini, W.S. Reúso de água na agricultura. In: Mancuso, P.C.S.; Santos, H.F. (eds.). Reúso de água. Barueri: Manole, 2003.

Parente, E. J. S. Biodiesel: Uma aventura tecnológica num país engraçado. Fortaleza, 2003. www.tecbio.com.br. Acesso em 20.03.2008.

Santiago, R. G. Avaliação da qualidade do efluente final do Sistema de Lagoas de Estabilização do SIDI, visando ao uso na agricultura. Dissertação de Mestrado. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 1999.

Santos, N. M. R. Biodiesel: uma alternativa energética sustentável. Monografia (Curso de Especialização em Avaliação Ambiental). Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2004.

Severino, L. S.; Moraes, C. R. de A.; Ferreira, G. B.; Cardoso, G. D.; Gondim, T. M. de S.; Beltrão, N. E. DE M.; Viriato, J. R. Crescimento e produtividade da mamoneira sob fertilização química em região semi-árida. Campina Grande: Embrapa Algodão, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, setembro de 2005, n.62.

Souza, N. C.; Mota S.; Santos, A. B. Avaliação da produtividade da mamona irrigada com esgoto doméstico tratado. In: Mota, S.; Aquino, M. D.; Santos, A. B. (organizadores). Reúso de águas em Irrigação e Piscicultura. Fortaleza-CE: Universidade Federal do Ceará/ Centro de Tecnologia, 2007.

Tundisi, J. G. Água no Século XXI: Enfrentando a Escassez. São Carlos: editora RiMa, Instituto Internacional de Ecologia, 2003.

Von Sperling, M. Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos, 3ª. Edição, Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

WHO. Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. Volume 2. Wastewater use in agriculture. Geneva: World Health Organization, 2006.