

## CULTIVO DA MAMONEIRA SOB DIFERENTES TIPOS DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS E DE ABASTECIMENTO E NÍVEIS DE ÁGUA NO SOLO<sup>1</sup>

JOSILDA DE FRANÇA XAVIER<sup>1</sup>, CARLOS ALBERTO VIEIRA DE AZEVEDO<sup>1\*</sup>, NAPOLEÃO ESBERARD DE MACÊDO BELTRÃO<sup>2</sup>, JOSELY DANTAS FERNANDES<sup>3</sup>, VERA LÚCIA ANTUNES DE LIMA<sup>1</sup>

**RESUMO** - O reuso de águas utilizadas em indústrias vem ganhando espaço nos dias atuais, face à possibilidade de sua utilização na agricultura. Objetivou-se, com este trabalho, avaliar o efeito de níveis de água disponível no solo proveniente de efluentes de indústrias e da rede de abastecimento de Campina Grande, PB, quanto aos atributos químicos do solo e as variáveis de fitomassa e de produção da mamoneira, cultivar BRS Nordestina. O experimento foi realizado em casa de vegetação em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 5 x 3 sendo, 5 tipos de água sendo 3 tipos de água residuárias industriais e 2 tipos de água da rede de abastecimento sem fertilização mineral e com fertilização NPK e 3 níveis de água no solo, com três repetições. Ao final do experimento, os tratamentos estudados promoveram aumento em todos os atributos químicos do solo. A interação tipos de efluente e níveis de água disponível no solo foi significativa para todas as variáveis de fitomassa e de produção, exceto para o comprimento da raiz. O maior valor para as variáveis de fitomassa e de produção foi obtido para o tratamento com 100% de água disponível no solo e água residuária da COTEMINAS. Entretanto, o número de flores masculinas não sofreu efeito significativo dos níveis de água disponível do solo com a água residuária da COTEMINAS.

**Palavras-chave:** *Ricinus communis*. L. Reúso. Biodiesel.

## CULTIVATION OF CASTOR OIL PLANT UNDER DIFFERENT TYPES OF WASTEWATER AND LEVELS OF SOIL WATER

**ABSTRACT** - The reuse of waters served in industries is winning space in the current days, in face of possibility of its use in agriculture. It was aimed with this work to evaluate the effect of levels of available water in the soil and of effluents of industries of supply Campina Grande, Paraíba state, Brazil, on the chemical attributes of the soil and on the phytomass and production variables of the castor oil plant, variety BRS Nordestina. The experiment was in greenhouse in entirely randomized design in factorial scheme 5 x 3 with 3 repetitions, with 5 water types and 3 available soil water levels. The studied treatments promoted increase in all soil chemical attributes at the end of the experiment. The interaction types of water and levels of available water in the soil was significant for all phytomass and production variables, except for the length of the root. The largest value for the phytomass and production variables was obtained for the treatment with 100% of available water in the soil and wastewater of COTEMINAS. however, the number of male flowers didn't suffer significant effect of the levels of available water of the soil with the wastewater of COTEMINAS.

**Keywords:** *Ricinus communis*. L. Reuse. Biodiesel.

\*Autor para correspondência.

<sup>1</sup>Recebido para publicação em 09/07/2012; aceito em 25/03/2014.

Trabalho de parte da dissertação de mestrado em Engenharia Agrícola da primeira autora.

<sup>1</sup>UAEA/CTRN/UFCEG. Av. Aprígio Veloso 882, Bodocongó, CEP 58429-170, Campina Grande, PB. Fone: (083) 2101 1185. Email: josildaxavier@yahoo.com.br; cazevedo@deag.ufcg.edu.br; antuneslima@gmail.com.

<sup>2</sup>Embrapa Algodão. Email: nbeltrao@cnpa.embrapa.br.

<sup>3</sup>DAA/CCA/UEPB. Email: joselysolo@yahoo.com.br.

## INTRODUÇÃO

A mamoneira (*Ricinus Communis* L) é uma oleaginosa da família Euphorbiaceae que apresenta, em suas sementes, um teor de óleo variando entre 50 a 60%, de boa aceitação pelas indústrias químicas e de biodiesel (BALDWIN; COSSAR, 2009; HALL et al., 2009).

Do ponto de vista agrônômico a principal vantagem da mamona é sua tolerância à seca e ampla adaptação em diversas regiões do mundo. No tocante à indústria, o óleo de rícino se diferencia dos demais, por apresentar: 90% de ácido ricinoleico; elevado valor de hidroxila; alta densidade; maior viscosidade e capacidade de hidrogenar. Tais características conferem, ao óleo de mamona, uma vasta aplicabilidade industrial (O'BRIEN, 2000).

Devido às condições favoráveis ao seu crescimento a mamona é encontrada em todo o território nacional, sendo cultivada principalmente por pequenos produtores, proporcionando-lhes ocupação e renda no meio rural (BELTRÃO et al., 2001).

Alguns trabalhos já foram realizados com o objetivo de se avaliar a influência de diferentes fontes de adubação no desenvolvimento da cultivar BRS Nordestina (FERNANDES et al., 2009; SANTOS et al., 2010). O uso do lodo de esgoto como adubo orgânico também já foi estudado (NASCIMENTO et al., 2006; LIMA et al., 2005), tal como o efluente industrial (XAVIER et al., 2009). Rodrigues et al. (2009b), observaram que, de maneira geral, a produção da BRS Nordestina foi baixa na sua pesquisa, onde obtiveram os valores de 81,0 a 191,5 g por planta correspondente a 18,4 g de sementes por incremento de 10% na reposição da ETC. Viana et al. (2009), verificaram que o número de frutos por racemo não apresentou diferença significativa nos racemos de 1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup> ordens; mas houve diferença significativa nos racemos de 3<sup>a</sup> ordem. Segundo Queiroga et al. (2012), os racemos secundários e terciários produzem sementes com melhor qualidade fisiológica em relação aos primários.

A escassez de água na região semiárida tornou-se fator limitante para o desenvolvimento urbano, industrial e, sobretudo, agrícola (POLLICE et al., 2004), novos recursos hídricos devem ser utilizados para complementar a má distribuição temporal e espacial da precipitação hídrica ainda disponível. No mundo, o reúso de efluentes de estação de tratamento de esgotos vem crescendo a cada dia contribuindo para a sustentabilidade humana e ambiental, tais como: melhoria da qualidade de vida e das condições socioeconômicas das populações do meio rural, aumento da produtividade agrícola e recuperação de áreas degradadas ou improdutivas, conservação e preservação dos recursos hídricos, evitando a descarga de esgoto bruto nos mananciais.

A irrigação com água residuária constitui uma alternativa ecologicamente viável (TOZE, 2006).

Mas nem todas as culturas se adaptam a este tipo de água podendo até, em determinadas condições, promover implicações negativas sobre a produtividade (FONSECA et al., 2007). É notória a necessidade de estudos e de informações sobre a utilização de efluente industrial, como fonte de nutriente para a mamoneira. Nascimento et al. (2006), concluíram que a água residuária influenciou significativamente todos os componentes da produção da mamoneira, cultivar BRS Nordestina, com destaque para a produção de sementes por planta, que atingiu 630,68 g planta<sup>-1</sup>, muito superior à obtida com água de abastecimento, 31,08 g planta<sup>-1</sup>.

Pelo exposto objetivou-se, com este trabalho, avaliar o efeito de diferentes níveis de água disponível no solo e de efluentes provenientes de indústrias e de abastecimento do município de Campina Grande, PB, sobre os atributos químicos do solo e os componentes de fitomassa e de produção da mamoneira cultivar BRS Nordestina.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação do Centro Nacional de Pesquisa de Algodão (CNPq/EMBRAPA), localizado na cidade de Campina Grande, PB, Brasil, cujas coordenadas geográficas são as seguintes: 7° 13' 11" de latitude Sul, 35° 52' 31" de longitude oeste e a 550 m de altitude. O clima da região é classificado segundo Köppen, como "CSa" mesotérmico, semiúmido, com verão quente e seco, com duração de quatro a cinco meses e chuvas de outono e inverno. Durante o experimento a temperatura do ar no interior da casa de vegetação foi sempre superior à registrada no ambiente externo, com máximas de 26,8 e 24,4 °C, respectivamente (Figura 1).

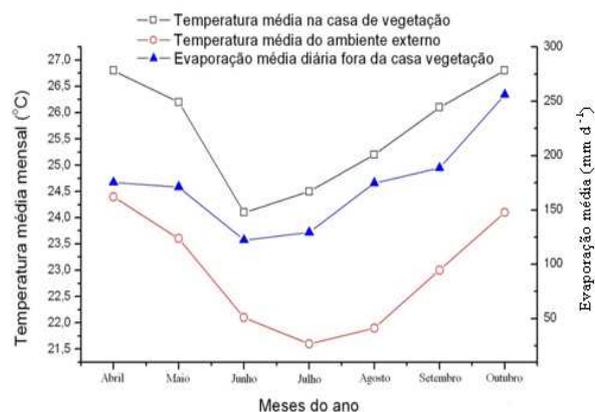


Figura 1. Média da temperatura e da evaporação do Tanque Classe A registrada dentro e fora do ambiente protegido durante a condução do experimento.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 5 x 3 com três repetições, totalizando 45 parcelas, sendo o pri-

meio fator constituído por 5 tipos de água (A<sub>1</sub> = efluente da IPELSA; A<sub>2</sub> = efluente da COTEMINAS; A<sub>3</sub> = efluente da LEBOM; A<sub>4</sub> = Água da rede de abastecimento sem fertilização mineral e A<sub>5</sub> = Água da rede de abastecimento mais fertilização com NPK, respectivamente, nos quantitativos de 2,2; 2,76 e 1,76 g vaso<sup>-1</sup>) e o segundo fator por 3 níveis de água disponível (AD) no solo (N<sub>1</sub> = 100%, N<sub>2</sub> = 80% e N<sub>3</sub> = 70% da água disponível). A água de abastecimento foi proveniente da estação de tratamento público do município de Campina Grande, PB.

A principal atividade da indústria IPELSA é a fabricação de papel higiênico através da reciclagem de jornais e revistas, entre outros, enquanto a da indústria COTEMINAS é a fiação de algodão que,

neste processo, não utiliza água, tornando doméstica a característica do seu efluente; já a indústria LEBOM tem, como principal atividade, a produção de laticínios.

Realizaram-se, durante o período experimental, análises físico-químicas do efluente gerado por essas indústrias no Laboratório de Irrigação e Salinidade da Universidade Federal de Campina Grande e no Laboratório do Programa de Saneamento Básico – PROSAB, de acordo com as metodologias sugeridas por APHA (1995) cujos atributos e respectivos resultados, constam na Tabela 1. No total, realizaram-se sete amostragens coletadas em períodos equidistantes de 15 dias utilizando-se recipientes de vidro âmbar esterilizados.

**Tabela 1.** Características físico-químicas do efluente de indústria durante o período experimental.

Indústria	CE	pH	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Dureza	Na	K	P	Ca	Mg	Cl	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Fe	DBO	DQO	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
	(dS m <sup>-1</sup> )					(mg L <sup>-1</sup> )								(mgO <sub>2</sub> L <sup>-1</sup> )		(mg L <sup>-1</sup> )		
IPEL	2,2	7,1	232,6	630,0	29,4	25,0	2,7	93,3	95,3	424,5	0,0	920,5	-	174,0	474,0	16,0	11,7	3,0
IPEL	1,8	7,2	274,1	620,6	211,4	25,7	0,4	191,3	34,2	374,9	0,0	821,1	2,7	150,0	253,0	10,3	30,7	2,2
IPEL	1,8	7,4	262,7	615,0	211,4	24,3	1,7	168,3	46,7	345,6	0,0	849,1	2,4	90,0	436,0	6,0	211,5	0,4
IPEL	1,8	7,6	181,0	890,0	211,4	25,7	2,1	246,5	65,7	225,1	0,0	947,9	1,7	168,0	542,0	7,7	102,8	1,8
IPEL	1,8	7,44	360,5	678,1	211,4	25,0	1,5	234,6	21,8	383,8	0,0	928,4	1,6	90,0	357,0	-	-	-
IPEL	2,0	7,10	248,8	658,8	29,2	26,1	-	165,4	58,8	365,1	0,0	967,5	1,4	186,0	547,0	-	-	-
IPEL	2,0	7,29	225,3	727,5	217,2	26,1	-	196,6	56,5	387,3	0,0	853,4	2,1	30,0	625,0	-	-	-
COT	1,2	7,7	8,0	136,9	124,7	28,6	8,6	19,0	21,5	222,5	0,0	341,0	-	36,0	124,0	48,5	27,2	2,4
COT	1,0	7,5	67,6	158,1	131,0	28,6	6,5	18,5	26,9	222,5	0,0	340,4	2,7	36,0	120,0	37,3	54,3	0,9
COT	1,0	7,8	63,3	140,0	128,9	25,7	8,9	20,0	21,6	206,5	0,0	319,0	2,4	24,0	277,0	32,6	766,1	0,8
COT	1,0	7,8	266,3	162,5	135,2	27,1	7,5	24,5	24,3	89,5	0,0	61,0	1,7	24,0	277,0	40,2	217,4	1,8
COT	1,0	7,83	79,9	163,8	145,6	28,5	9,3	22,0	26,0	239,3	0,0	335,5	1,6	30,0	288,0	-	-	-
COT	1,1	7,42	22,9	156,3	141,5	31,2	-	31,0	19,0	212,7	0,0	331,2	1,4	138,0	388,0	-	-	-
COT	1,1	7,80	32,8	168,1	143,5	32,0	-	18,2	29,4	214,5	0,0	317,8	2,1	108,0	335,0	-	-	-
LEB	1,4	5,4	35,0	273,1	126,8	26,4	8,1	46,5	37,7	108,1	0,0	599,0	-	372,0	1236,0	28,3	-	0,3
LEB	0,9	5,2	130,0	195,6	135,2	21,4	6,0	30,0	29,0	134,7	0,0	512,4	5,1	252,0	3057,0	27,9	68,3	8,7
LEB	0,7	5,9	20,7	208,8	82,3	14,2	9,1	27,3	33,8	69,1	0,0	284,3	2,9	342,0	753,0	13,1	195,3	1,0
LEB	0,7	11,3	524,9	86,3	145,8	7,8	4,2	20,5	8,4	377,5	264,0	0,0	2,3	324,0	643,0	30,7	165,5	0,5
LEB	1,1	10,98	56,4	138,1	211,4	20,7	7,7	30,6	14,6	135,6	242,4	0,0	5,2	486,0	1094,0	-	-	-
LEB	4,1	12,1	936,4	143,8	75,9	24,2	-	30,0	16,6	162,2	1542,0	427,0	5,2	540,0	2942,0	-	-	-
LEB	0,8	6,38	43,4	182,5	147,9	12,5	-	31,0	25,2	100,2	0,0	395,3	5,7	180,0	2162,0	-	-	-

IPEL = IPELSA, COT = COTEMINAS e LEB = LEBOM, - não houve leitura.

Em vasos com capacidade de 60 L foram semeadas cinco sementes de mamona cultivar BRS Nordestina em covas de 2 cm de profundidade. O início da germinação ocorreu oito dias após a semeadura, com índice de germinação de 99%; o desbaste foi realizado 25 dias após a emergência das plântulas (DAE) deixando-se apenas a mais vigorosa.

Utilizando tensiômetro instalado no vaso a 30 cm de profundidade, realizaram-se leituras diárias do deslocamento de mercúrio na coluna para, em seguida, se calcular o potencial matricial, através da equação seguinte:

$$\Psi_m = -12,6h + h_1 + h_2 \quad (1)$$

em que:

$\Psi_m$  - potencial matricial (cm.c.a)

h - altura de equilíbrio da coluna de mercúrio (cm)

h<sub>1</sub> - altura da superfície do mercúrio até a superfície do solo (cm)

h<sub>2</sub> - profundidade de instalação dos tensiômetros (cm)

O momento de irrigar foi definido quando os tensiômetros apresentavam valores de "h" da altura da coluna de mercúrio de 5,0; 5,5 e 6,0 cm, o que correspondeu a um potencial matricial de água no solo de 145,54; 202,62 e 253,90 cm.c.a, respectivamente. Esses valores foram estabelecidos a partir dos níveis de água disponível no solo N<sub>1</sub> = 100%, N<sub>2</sub> = 80% e N<sub>3</sub> = 70%. Para aplicação do volume de água calculado em função dos tratamentos utilizou-se uma proveta graduada de 1000 mL.

A capacidade de água disponível (CAD) no solo que representa a lâmina de água armazenada na camada explorada pelas raízes foi determinada através da seguinte equação.

$$CAD = \frac{\theta_{CC} - \theta_{PMP}}{100} \times Z \quad (2)$$

em que:

CAD - capacidade de água disponível no solo, mm

$\theta_{CC}$  - umidade do solo na capacidade de campo em % base solo seco

$\theta_{PMP}$  - umidade do solo no ponto de murcha permanente em % base solo seco

Z - profundidade efetiva do sistema radicular em mm

Determinou-se a umidade do solo ( $\theta$ ) em relação aos potenciais matriciais ( $\Psi_m$ ) através da equação de Van Genuchten (1980).

$$\Theta = \Theta_r + \frac{\Theta_s - \Theta_r}{[1 + (\alpha |\Psi_m|^n)]^m} \quad (3)$$

em que:

**Tabela 2.** Características físico-hídricas do solo, antes da instalação do experimento.

Textura	Densidade		Granulométrica			CC	PMP	PT	AD
	g cm <sup>-3</sup>		g kg <sup>-1</sup>						
	Aparente	Real	Areia	Silte	Argila	%			
Franco arenoso	1,65	2,57	753,5	84,2	162,3	2,85	2,04	37,74	0,81

CC - Capacidade de campo; PMP - Ponto de murcha permanente; PT - Porosidade total; AD - água disponível.

**Tabela 3.** Características químicas do solo antes da instalação do experimento.

pH H <sub>2</sub> O	CE	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	S	H	Al	T	P	MO
	dS m <sup>-1</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>							mg dm <sup>-3</sup>	g kg <sup>-1</sup>	
5,53	0,14	0,43	0,17	0,04	0,09	0,73	0,18	0,30	1,21	0,40	10,9

Como os frutos da mamoneira apresenta deiscência os racemos foram colhidos quando 2/3 dos frutos estavam maduros. Após esta operação avaliaram-se, em função dos tratamentos, os componentes de produção de todos os racemos produzidos considerando-se o número de flores femininas (NFF) e masculinas (NFM), o número de frutos por planta (NF), a massa seca do fruto por planta (MSFR), o número de racemos por planta (NR) e o comprimento do racemo por planta (CR). Aos 135 dias após a semeadura (DAS) separaram-se, por planta, as folhas, caule e raiz, que, em seguida, foram lavados em água corrente e submetidos à secagem em estufa com circulação forçada de ar por 48 h a 65 °C, até massa constante; posteriormente, as amostras foram

$\theta_r$  e  $\theta_s$  - umidade residual e de saturação do solo, respectivamente, cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>

$\Psi_m$  - potencial matricial, cm

$\alpha$ , n e m - parâmetros de ajuste da equação

A água disponível no solo foi calculada para cada nível (100; 80 e 70%) a partir da Eq. 4.

$$AD = N_i CAD \quad (4)$$

em que:

AD - Água disponível (mm)

N<sub>i</sub> - níveis de água disponível no solo, no nível de manejo i (%)

CAD - Capacidade de água disponível (mm)

O solo utilizado no experimento foi um Neosolo Regolítico coletado a uma profundidade de 0-30 cm nas dependências da Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba S/A (EMEPA) localizada no município de Lagoa Seca, PB. Após secado ao ar e à sombra, uma amostra do solo foi encaminhada ao Laboratório de Irrigação e Salinidade do DEAg/CTRN/UFCG, Campina Grande, PB para realização da análise hídrica e química, utilizando-se a metodologia da EMBRAPA (1997), cujos resultados estão descritos nas Tabelas 2 e 3.

pesadas em balança eletrônica com precisão de duas casas decimais visando à determinação da massa seca das folhas (MSF), massa seca do caule (MSC), matéria seca da raiz (MSR) e comprimento da raiz (CRAIZ). Neste período também se avaliou a influência dos diferentes tratamentos sobre a fertilidade do solo; para isto, coletou-se, em cada vaso, uma amostra de solo, que foi encaminhada ao Laboratório de Irrigação e Salinidade da UFCG para caracterização química.

Os resultados obtidos foram analisados através do programa estatístico SISVAR 5.1. A comparação entre as médias foi realizada pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e, para os fatores quantitativos (níveis de água disponível), utilizou-se re-

gressão por polinômios ortogonais; os dados referentes ao número de flor feminina (NFF), número de flor masculina (NFM), número de frutos por planta (NF) e número de racemos por planta (NR) foram transformados em raiz quadrada de  $X+0,5$ , por não apresentarem distribuição normal (FERREIRA, 2000).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Atributos químicos do solo

A avaliação das propriedades químicas do solo em resposta aos diferentes tratamentos no final do experimento, é apresentada na Tabela 4. Comparando os resultados apresentados nas Tabelas 3 e 4 observa-se que os tratamentos avaliados nesta pesquisa promoveram aumentos em todos os atributos químicos do solo, ao final do experimento. O efluente da IPELSA favoreceu os maiores valores dos atributos químicos do solo, exceto para  $Mg^{+2}$  e P, os quais foram do efluente da COTEMINAS.

Independente do tipo de efluente e do nível de água no solo utilizado, houve aumento unitário no pH do solo cujos valores, com exceção dos tratamentos  $T_{14}$  e  $T_{15}$ , foram superiores a 7,0; considerados acima do recomendável para o cultivo da mamoneira, na qual varia entre 6,0 e 7,0 (AMORIM NETO et al., 2001). É evidenciada na literatura ligeiros aumentos no valor do pH com a utilização de águas residuárias. Erthal et al. (2010), após avaliarem as alterações físicas e químicas de um Argissolo pela aplicação de água residuária de bovinocultura verificaram aumento no pH, capacidade de troca catiônica e saturação por bases nas camadas superficiais do solo. Os efluentes utilizados neste trabalho proporcionaram correção da acidez do solo revelada pela elevação do pH e redução do alumínio trocável, em virtude do aumento das bases trocáveis e pela presença do carbonato no efluente da LEBOM. Vale a pena ressaltar que valores elevados de pH não são recomendáveis por ocasionar reduções na atividade microbiana e na disponibilidade, com exceção do molibdênio, dos micronutrientes.

**Tabela 4.** Valores médios dos atributos químicos do solo, no final do experimento.

Tratamentos	pH	CE	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	S	H	Al	T	P	PST
	H <sub>2</sub> O											
T <sub>1</sub> = A <sub>1</sub> IPEL.N <sub>1</sub>	8,59	0,524	2,35	0,89	0,11	3,78	7,13	-	-	7,13	4,5	1,60
T <sub>2</sub> = A <sub>1</sub> IPEL.N <sub>2</sub>	8,71	0,762	2,13	0,85	0,19	6,83	10,00	-	-	10,00	2,9	1,93
T <sub>3</sub> = A <sub>1</sub> IPEL.N <sub>3</sub>	8,75	1,009	1,97	1,24	0,14	10,4	13,75	-	-	13,75	4,7	1,00
T <sub>4</sub> = A <sub>2</sub> COT.N <sub>1</sub>	7,18	0,719	1,28	1,47	0,18	5,49	8,42	-	-	8,42	36,7	2,17
T <sub>5</sub> = A <sub>2</sub> COT.N <sub>2</sub>	7,02	0,713	1,2	1,63	0,19	5,98	9,00	-	-	9,00	27,2	2,07
T <sub>6</sub> = A <sub>2</sub> COT.N <sub>3</sub>	7,15	0,455	1,18	1,13	0,09	7,02	9,42	-	-	9,42	18,2	0,94
T <sub>7</sub> = A <sub>3</sub> LEB.N <sub>1</sub>	7,72	0,395	1,52	1,22	0,11	4,81	7,66	1,42	-	9,08	18,9	1,22
T <sub>8</sub> = A <sub>3</sub> LEB.N <sub>2</sub>	8,02	0,373	1,69	0,94	0,12	6,76	9,51	-	-	9,51	20,4	1,24
T <sub>9</sub> = A <sub>3</sub> LEB.N <sub>3</sub>	7,84	0,33	1,47	1,06	0,09	5,72	8,34	-	-	8,34	8,3	1,07
T <sub>10</sub> = A <sub>4</sub> AA.N <sub>1</sub>	7,26	0,211	1,1	1,13	0,02	3,38	5,63	1,52	-	7,15	0,4	0,34
T <sub>11</sub> = A <sub>4</sub> AA.N <sub>2</sub>	7,44	0,318	1,38	1,19	0,04	3,25	5,86	-	-	5,86	0,9	0,65
T <sub>12</sub> = A <sub>4</sub> AA.N <sub>3</sub>	7,56	0,328	1,4	1,38	0,04	3,38	6,20	-	-	6,20	0,9	0,62
T <sub>13</sub> = A <sub>5</sub> AA+NPK.N <sub>1</sub>	7,1	0,187	1,09	1,38	0,02	2,86	5,35	1,55	-	6,90	12,6	0,29
T <sub>14</sub> = A <sub>5</sub> AA+NPK.N <sub>2</sub>	6,81	0,331	1,38	0,72	0,02	2,73	4,85	1,78	0,06	6,69	11,8	0,23
T <sub>15</sub> = A <sub>5</sub> AA+NPK.N <sub>3</sub>	6,68	0,29	1,27	0,89	0,03	2,73	4,92	1,44	-	6,36	13,1	0,54

Análises realizadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS/DEAg/UFCG). S = Soma de bases trocáveis do solo. T = Capacidade de troca catiônica total do solo. PST = Porcentagem de sódio trocável. Tipos de água: A<sub>1</sub>IPEL = IPELSA; A<sub>2</sub>COT = COTEMINAS; A<sub>3</sub>LEB = LEBOM; A<sub>4</sub>AA = Água de Abastecimento sem fertilização mineral; A<sub>5</sub>AA+NPK = Água de Abastecimento mais fertilização com NPK. Níveis de água disponível no solo: N<sub>1</sub> = 100%; N<sub>2</sub> = 80%; N<sub>3</sub> = 70%. - não houve leitura.

Ainda se observa, analisando a Tabela 4, que os maiores valores de cálcio foram obtidos no solo irrigado com o efluente da IPELSA; este resultado era esperado uma vez que, nesta indústria, os principais resíduos gerados são o caulim e o carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ). Santos et al. (2010), após avaliarem a mobilidade de solutos em colunas de solo com água residuária domésticas e de suinocultura também verificaram que todos os tratamentos contribuíram para a elevação dos teores de cálcio, magnésio, potássio, sódio e, conseqüentemente, para a capacidade de troca de cátions do solo (CTC). A capacidade de troca catiônica total (T) é de grande importância no que diz respeito à fertilidade do solo, uma vez que indica a capacidade total de retenção de cátions os quais, em geral, irão tornar-se disponível às plantas. A utilização das águas provenientes da IPELSA, COTEMINAS e LEBOM promoveu aumento nos valores da "T" o que pode estar relacionado com os cátions básicos ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$ ) presentes nessas águas. Gomes et al. (2005) e Corrêa et al. (2009), ao trabalharem com lodo de esgoto também verificaram elevação nos valores da capacidade de troca catiônica. Quando observado os valores de sódio ( $\text{Na}^+$ ), evidencia-se que, sua concentração nas águas residuárias não promoveu risco de sodificação do solo, estando em todos os tratamentos, valores de porcentagem de sódio trocável (PST) inferiores a 7%, sendo classificados conforme Massoud (1971) em solos não sódicos.

Em média, nos tratamentos que receberam o efluente IPELSA ( $T_1$ ,  $T_2$  e  $T_3$ ) e água de abastecimento ( $T_{10}$ ,  $T_{11}$  e  $T_{12}$ ), o teor de fósforo no solo foi classificado como baixo ( $\leq 10 \text{ mg dm}^{-3}$ ). Quando irrigado com o efluente da LEBOM ( $T_7$ ,  $T_8$  e  $T_9$ ) e com água de abastecimento mais fertilização com NPK ( $T_{13}$ ,  $T_{14}$  e  $T_{15}$ ) esse teor foi médio ( $20,1 - 30 \text{ mg dm}^{-3}$ ), e como alto ( $30,1 - 45 \text{ mg dm}^{-3}$ ), com a utilização do efluente da COTEMINAS. Avaliando o uso de biossólido e água residuária no crescimento e no desenvolvimento da mamona, Nascimento et al. (2009), verificaram um incremento de 321% no teor de fósforo no solo. O fósforo age na respiração, na produção e nos processos de transformação de energia pela planta e na divisão celular, compondo algumas substâncias de reserva, como os albuminoides e o amido, melhorando o florescimento, frutificação e contribuindo para o desenvolvimento radicular agindo na colheita como fator de qualidade, além de quantidade e incrementar a precocidade da produção.

#### Fitomassa e produção

Verifica-se, de acordo com a análise de variância (Tabela 5) efeito significativo da interação entre os tipos de água e os níveis de água disponível no solo para todas as variáveis de fitomassa e de produção, exceto para o comprimento da raiz (CRAIZ), no qual apenas o fator tipo de água exerceu efeito significativo.

**Tabela 5.** Análise de variância de massa seca das folhas (MSF), massa seca do caule (MSC), comprimento da raiz (CRAIZ), massa seca da raiz (MSR), número de flores femininas (NFF), número de flores masculinas (NFM), número de frutos por planta (NF), massa seca do fruto por planta (MSFR), número de racemos por planta (NR) e comprimento do racemo (CR) da mamoneira, cultivar BRS Nordestina, submetida aos diferentes tratamentos aos 135 dias após a semeadura (DAS).

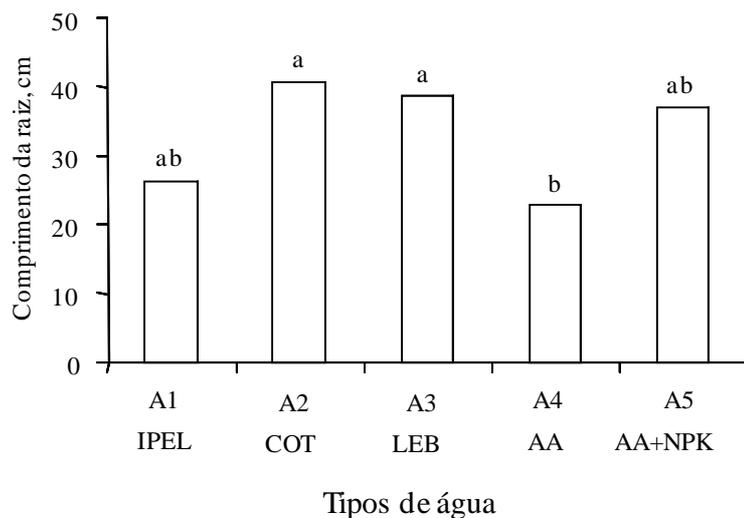
Fonte de variação	GL	Quadrado médio									
		MSF	MSC	CRAIZ	MSR	NFF <sup>1</sup>	NFM <sup>1</sup>	NF <sup>1</sup>	MSFR	NR <sup>1</sup>	CR
Tipos de água (A)	4	4025,69**	636,14**	573,18**	1319,14**	40,347**	50,44**	44,51**	12826,5**	0,691**	450,93**
Níveis de água (N)	2	1285,01**	94,48**	187,22 <sup>ns</sup>	420,70**	5,098*	3,68 <sup>ns</sup>	10,60**	2171,4**	0,168**	160,06**
A x N	8	382,73**	27,95**	79,30 <sup>ns</sup>	185,89**	4,24*	6,91*	3,25**	784,75**	0,048**	43,62**
Tratamentos	14	1552,47**	211,22**	235,83*	543,22**	14,68**	18,88**	16,09**	4423,3**	0,249**	176,63**
Resíduo	30	22,22	6,08	114,31	8,59	1,34	2,86	0,137	19,94	0,011	2,294
CV (%)		22,52	29,35	32,38	21,84	47,25	61,78	15,79	19,55	11,46	28,58

GL – graus de liberdade; <sup>ns</sup> – não significativo; \* – significativo a nível de 5% de probabilidade pelo teste F; \*\* – significativo a nível de 1% de probabilidade pelo teste F; <sup>1</sup>Dados transformados em raiz de  $(X + 0,5)$ .

Considerando que o fator tipo de água exerceu efeito significativo sobre o comprimento da raiz (Tabela 5), apresenta-se na Figura 2 uma comparação entre as médias desta variável para os diferentes tipos de água. Constata-se que o comprimento da raiz não diferiu estatisticamente com a utilização dos tipos de água residuária IPELSA ( $A_1$ ), COTEMINAS ( $A_2$ ), LEBOM ( $A_3$ ) e a água de abastecimento mais fertilização com NPK ( $A_5$ ). O resultado obtido com a água de abastecimento sem fertilização mineral ( $A_4$ ) também não diferiu daqueles verificados com a utilização das águas  $A_1$  e  $A_5$ .

Observa-se, na Tabela 6, que o maior valor para as variáveis massa seca das folhas (MSF), massa seca do caule (MSC) e massa seca da raiz (MSR) foi obtido para o tratamento com 100% de água disponível no solo e com a água residuária  $A_2$  COTE-

MINAS. Rodrigues et al. (2009a) observaram que nas cultivares de mamona Nordestina, AL-Guarani e Mirante, ocorreu resposta significativa ao utilizar doses de substrato Plantmax-café nas variáveis: comprimento de raiz; número de folhas; massa seca de caule e folha; comprimento da parte aérea e massa seca de raiz. Ainda se verifica na Tabela 6, que para os tratamentos conduzidos com água de abastecimento sem fertilização ( $A_4AA$ ) e água de abastecimento mais fertilização com NPK ( $A_5AA+NPK$ ) não houve efeito significativo para nenhuma das variáveis estudadas em relação a diferentes níveis de água no solo. Para a variável massa seca da raiz (MSR) a água residuária  $A_1$ IPEL também não apresentou efeito significativo nos níveis de água disponível no solo.



**Figura 2.** Comprimento da raiz da mamoneira, cultivar BRS Nordestina, submetida aos diferentes tipos de água. A1 = IPELSA; A2 = COTEMINAS; A3 = LEBOM; A4 = Água de Abastecimento sem fertilização mineral; A5 = Água de Abastecimento mais fertilização com NPK.

**Tabela 6.** Valores médios de massa seca das folhas (MSF), massa seca do caule (MSC) e massa seca da raiz (MSR) da mamoneira, cultivar BRS Nordestina, submetida aos diferentes tipos de água e níveis de água disponível no solo ao final do cultivo.

Tipos de água	Níveis de água disponível no solo			Equação
	N <sub>1</sub> =100%	N <sub>2</sub> =80%	N <sub>3</sub> =70%	
Massa seca das folhas (MSF) - g				
A <sub>1</sub> IPEL	16,52 c	8,69 c	4,49 b	$y = 0,399x^{**} - 23,38 R^2 = 0,99^{**}$
A <sub>2</sub> COT	83,57 a	46,01 a	30,05 a	$y = 1,79x^{**} - 96,57 R^2 = 0,99^{**}$
A <sub>3</sub> LEB	43,26 b	31,80 b	19,16 a	$y = 0,77x^{**} - 32,78 R^2 = 0,95^{**}$
A <sub>4</sub> AA	3,12 d	2,17 c	2,23 b	$y = 2,50^{ns}$
A <sub>5</sub> AA+NPK	7,77 cd	8,51 c	6,60 b	$y = 7,62^{ns}$
Massa seca do caule (MSC) - g				
A <sub>1</sub> IPEL	5,79 b	2,55 c	1,30 bc	$y = 0,15x^{**} - 9,41 R^2 = 0,99^{**}$
A <sub>2</sub> COT	24,72 a	21,25 a	15,75 a	$y = 0,28x^{**} - 2,86 R^2 = 0,90^{**}$
A <sub>3</sub> LEB	19,22 a	15,18 b	6,50 b	$y = 0,39x^{**} - 19,03 R^2 = 0,85^{**}$
A <sub>4</sub> AA	0,67 b	0,57 c	0,59 c	$y = 0,61^{ns}$
A <sub>5</sub> AA+NPK	3,01 b	4,50 c	4,42 bc	$y = 3,97^{ns}$
Massa seca da raiz (MSR) - g				
A <sub>1</sub> IPEL	8,13 c	5,66 b	4,38 bc	$y = 6,06^{ns}$
A <sub>2</sub> COT	48,36 a	23,95 a	16,58 a	$y = 1,08x^{**} - 60,56 R^2 = 0,98^{**}$
A <sub>3</sub> LEB	30,84 b	26,34 a	12,17 ab	$y = 0,56x^{**} - 24,02 R^2 = 0,78^{**}$
A <sub>4</sub> AA	1,14 d	6,86 b	2,80 c	$y = 2,87^{ns}$
A <sub>5</sub> AA+NPK	4,64 cd	5,18 b	6,41 bc	$y = 5,41^{ns}$

Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Tipos de água: A<sub>1</sub>IPEL = IPELSA; A<sub>2</sub>COT = COTEMINAS; A<sub>3</sub>LEB = LEBOM; A<sub>4</sub>AA = Água de Abastecimento sem fertilização mineral; A<sub>5</sub>AA+NPK = Água de Abastecimento mais fertilização com NPK. Níveis de água disponível no solo: N<sub>1</sub> = 100%; N<sub>2</sub> = 80%; N<sub>3</sub> = 70%.

Observa-se, na Tabela 7, que os melhores resultados para as variáveis de produção número de flores femininas, número de frutos por planta, massa seca do fruto por planta, número de racemos por planta e comprimento do racemo, foram obtidos para a água residuária da COTEMINAS associada ao nível de água disponível no solo de 100%. A água residuária da COTEMINAS favoreceu o melhor resultado para o número de flores masculinas mas esta variável não sofreu efeito significativo dos níveis de água disponível do solo. Constata-se, também, que

não ocorreu efeito significativo dos níveis de água disponível do solo com as águas residuárias A1 IPELSA e A3 LEBOM, para as variáveis número de flores femininas (NFF) e número de flores masculinas (NFM). Verifica-se, ainda, na Tabela 7, que para a mamoneira irrigada com água de abastecimento sem fertilização mineral (A<sub>4</sub>AA) e com água de abastecimento mais fertilização com NPK (A<sub>5</sub>AA+NPK) não ocorreu emissão de inflorescência e, conseqüentemente, não houve produção alguma.

**Tabela 7.** Valores médios de número de flores femininas (NFF), número de flores masculinas (NFM), número de frutos por planta (NF), massa seca do fruto por planta (MSFR), número de racemos por planta (NR) e comprimento do racemo (CR) da mamoneira, cultivar BRS Nordestina submetida aos diferentes tipos de água e níveis de água disponível no solo ao final do cultivo.

Tipos de água	Níveis de água disponível no solo			Equação
	N <sub>1</sub> =100%	N <sub>2</sub> =80%	N <sub>3</sub> =70%	
Número de flores femininas (NFF)*				
A <sub>1</sub> IPEL	2,44 bc	0,71 b	2,37 ab	y = 1,84 <sup>ns</sup>
A <sub>2</sub> COT	6,77 a	5,88 a	4,56 a	y = 0,069x* -0,03 R <sup>2</sup> = 0,91*
A <sub>3</sub> LEB	4,12 ab	5,01 a	0,71 b	y = 3,28 <sup>ns</sup>
A <sub>4</sub> AA	0,71 c	0,71 b	0,71 b	-
A <sub>5</sub> AA+NPK	0,71 c	0,71 b	0,71 b	-
Número de flores masculinas (NFM)*				
A <sub>1</sub> IPEL	2,20 bc	0,71 b	3,25 ab	y = 2,05 <sup>ns</sup>
A <sub>2</sub> COT	7,14 a	5,79 a	5,74 a	y = 6,22 <sup>ns</sup>
A <sub>3</sub> LEB	5,31 ab	5,95 a	0,71 b	y = 3,99 <sup>ns</sup>
A <sub>4</sub> AA	0,71 c	0,71 b	0,71 b	-
A <sub>5</sub> AA+NPK	0,71 c	0,71 b	0,71 b	-
Número de frutos por planta (NF)*				
A <sub>1</sub> IPEL	1,93 c	0,71 c	0,71 b	y = 0,043x** -2,523 R <sup>2</sup> = 0,89**
A <sub>2</sub> COT	7,04 a	5,83 a	4,41 a	y = 0,083x** -1,172 R <sup>2</sup> = 0,93**
A <sub>3</sub> LEB	5,20 b	4,29 b	0,71 b	y = 0,134x** -7,84 R <sup>2</sup> = 0,75**
A <sub>4</sub> AA	0,71 d	0,71 c	0,71 b	-
A <sub>5</sub> AA+NPK	0,71 d	0,71 c	0,71 b	-
Massa seca do fruto por planta (MSFR) - g				
A <sub>1</sub> IPEL	3,32 c	0,00 c	0,00 b	y = 1,10 <sup>ns</sup>
A <sub>2</sub> COT	115,14 a	95,49 a	51,78 a	y = 1,95x** -75,08 R <sup>2</sup> = 0,84**
A <sub>3</sub> LEB	53,14 b	23,57 b	0,00 b	y = 1,73x** -119,09 R <sup>2</sup> = 0,98**
A <sub>4</sub> AA	0,00 c	0,00 c	0,00 b	-
A <sub>5</sub> AA+NPK	0,00 c	0,00 c	0,00 b	-
Número de racemos por planta (NR)*				
A <sub>1</sub> IPEL	1,05 b	0,71 b	0,71 b	y = 0,012x** -0,188 R <sup>2</sup> = 0,89**
A <sub>2</sub> COT	1,58 a	1,22 a	1,22 a	y = 0,012x** +0,268 R <sup>2</sup> = 0,89**
A <sub>3</sub> LEB	1,22 b	1,22 a	0,88 b	y = 0,009x** +0,297 R <sup>2</sup> = 0,57**
A <sub>4</sub> AA	0,71 c	0,71 b	0,71 b	-
A <sub>5</sub> AA+NPK	0,71 c	0,71 b	0,71 b	-
Comprimento do racemo (CR) - cm				
A <sub>1</sub> IPEL	4,33 c	0,00 c	0,00 b	y = 0,154x** -11,45 R <sup>2</sup> = 0,89**
A <sub>2</sub> COT	22,50 a	15,50 a	10,16 a	y = 0,402x** -17,47 R <sup>2</sup> = 0,98**
A <sub>3</sub> LEB	16,0 b	11,00 b	0,00 b	y = 0,492x** -32,07 R <sup>2</sup> = 0,84**
A <sub>4</sub> AA	0,00 d	0,00 c	0,00 b	-
A <sub>5</sub> AA+NPK	0,00 d	0,00 c	0,00 b	-

Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Tipos de água: A<sub>1</sub>IPEL = IPELSA; A<sub>2</sub>COT = COTEMINAS; A<sub>3</sub>LEB = LEBOM; A<sub>4</sub>AA = Água de Abastecimento sem fertilização mineral; A<sub>5</sub>AA+NPK = Água de Abastecimento mais fertilização com NPK. Níveis de água disponível: N<sub>1</sub> = 100%; N<sub>2</sub> = 80%; N<sub>3</sub> = 70%. \* Dados transformados em raiz de (X + 0,5).

A partir desses resultados, pode-se inferir que esta cultura respondeu positivamente a utilização dos efluentes em especial o da COTEMINAS, uma vez que do tratamento A5AA+NPK (água de abastecimento mais fertilização com NPK) não foi suficiente para favorecer a produção. Mesquita et al. (2012), verificaram os efeitos do nitrogênio (N), do fósforo (P) e do potássio (K) sobre a produção de sementes das mamoneiras BRS Nordestina e BRS Paraguaçu e constataram que o N foi o nutriente que promoveu a maior produção dessas cultivares. Silva et al. (2012), constataram, em experimento com as mamoneiras BRS 149 Nordestina e BRS 188 Paraguaçu, efeito quadrático da adubação fosfatada para o comprimento dos racemos primários, o número de racemos e para a produtividade de sementes.

Os resultados apresentados na Tabela 7 se associam às elevadas temperaturas registradas no ambiente interno da casa de vegetação (Figura 1) e à maneira como foi determinado o número de flores femininas e masculinas, levando-se em consideração a média de todos os racemos formados. Esta observação corrobora com as informações de Beltrão et al. (2001), ao verificarem que a proporção de flores masculinas e femininas no racemo varia em função de vários fatores, entre eles o ambiente podendo em condições de temperaturas elevadas, ocorrer aborto das flores, reversão sexual das flores femininas em masculinas e idade da planta e dos racemos, pois os primeiros apresentam maior quantidade de flores femininas. Os resultados encontrados por Severino et al. (2006), não corroboram com os encontrados nesta pesquisa, onde o mesmo concluíram, que os ensaio de adubação (50 kg ha<sup>-1</sup> de N, 60 kg ha<sup>-1</sup> de P e 40 kg ha<sup>-1</sup> de K) com a cultivar de mamona BRS Nordestina, que a adubação mineral com N e K promove mudança na expressão sexual da mamoneira, favorecendo o aumento de produtividade.

Segundo Beltrão et al. (2001), inflorescências com maior número de flores femininas refletem positivamente no número de frutos e, conseqüentemente, em ganhos de produtividade. Enfatiza-se, mais uma vez que, provavelmente, a fertilização com NPK utilizada neste experimento não tenha atendido à necessidade nutricional da mamoneira; sabe-se que, para otimizar os processos de fotossíntese e suprir o forte dreno de proteína das sementes, esta cultura se reveste de altos teores de nutrientes; além do mais, já para Zuchi et al. (2010), constataram, em seu experimento com a cultivar BRS 149 Nordestina, que a antecipação da semeadura exerceu influência no número de frutos produzidos por racemo da cultivar. Enquanto Souza et al. (2010), observaram que, embora os tratamentos tenham influenciado significativamente ( $p \leq 0,05$ ) o número de racemo (NR) e o número de frutos (NF) da mamoneira cultivar BRS 149 Nordestina, a maior produtividade se deu no tratamento com água residuária doméstica tratada e adubação mineral recomendada, esses resultados

veem corroborar com os resultados encontrados nesta pesquisa.

## CONCLUSÕES

As águas residuárias estudadas promoveram aumento em todos os atributos químicos do solo, ao final do experimento.

A interação tipos de água e níveis de água disponível no solo foi significativa para todas as variáveis de fitomassa e de produção, exceto para o comprimento da raiz.

O maior valor para as variáveis de fitomassa e de produção foi obtido para o tratamento com 100% de água disponível no solo e água residuária da COTEMINAS; entretanto, o número de flores masculinas não sofreu efeito significativo dos níveis de água disponível do solo com a água residuária da COTEMINAS.

## AGRADECIMENTOS

À CAPES-Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoa de Nível Superior, pela concessão de bolsa e ao Centro Nacional de Pesquisa de Algodão (CNPQ/EMBRAPA) Campina Grande, PB, pela infraestrutura de pesquisa concedida à realização do experimento.

## REFERÊNCIAS

- AMORIM NETO, M. S. A.; ARAÚJO, A. E.; BELTRÃO, N. E. de M. *Clima e Solo*. In: AZEVEDO, D. M. P. de; LIMA, E. F. (Ed.). **O Agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2001. Cap. 3, p. 63-74.
- APHA. **Standard methods for the examination of waste and wastewater**. New York, NY: APHA/AWWA/WPCF, 1995. 1193 p.
- BALDWIN, B. S.; COSSAR, R. D. Castor yield in response to planting date at four locations in the south-central of United States. **Industrial Crops and Products**, v. 29, n. 2-3, p. 316-319, 2009.
- BELTRÃO, N. E. de M. et al. *Fitologia*. In: **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2001. cap. 2, p. 37-59.
- CORRÊA, R. S.; SILVA, L. C. R.; BAPTISTA, G. M. M.; SANTOS, P. F. Fertilidade química de um substrato tratado com lodo de esgoto e composto de resíduos domésticos. **Revista Brasileira de Enge-**

- nharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14 n. 5 p. 538-544, 2009.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisa dos Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, RJ: EMBRAPA – CNPS, 1997. 212 p.
- ERTHAL, V. J. T. et al. Alterações físicas e químicas de um argissolo pela aplicação de água residuária de bovinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.5, p.467-477, 2010.
- FANAN, S.; MEDINA, P. F.; AMARGO, M. B. P. de. Influência da colheita e do armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de mamona. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 31, n. 1, p. 150-159, 2009.
- FERNANDES, J. D. et al. Adubação orgânica e mineral no desenvolvimento da mamoneira. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 2, p. 358-368, 2009.
- FERREIRA, D. F. Análise estatística por meio do SISVAR (sistema para análise de variância) para Windows Versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45, São Carlos, 2000, **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.
- FONSECA, A. F. et al. Agriculture use of treated sewage effluents: Agronomic and environmental implication and perspectives in Brazil. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 64, n. 2, p. 194-209, 2007.
- GOMES, S. B. V. et al. Alterações químicas em argilossolo tratado com lodo de esgoto. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 3, n. 1, p. 185-194, 2005.
- HALL, J. et al. Brazilian biofuels and social exclusion: Established and concentrated ethanol versus emerging and dispersed biodiesel. **Journal of Cleaner Production**, v. 17, n. 1, p. S77-S85, 2009.
- LIMA, R. L. S. et al. Crescimento inicial de mudas de mamoneira em substrato contendo lodo de esgoto e casca de amendoim. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 9, n.1/3, p. 887-891, 2005.
- MASSOUD, F. I. A note on the need for accented definitions and method of characterization of salts affected soils. In: REUNION DA LA SUBCOMISSION DE SUELOS SALINOS, Sevilla, 1971, **Anuais...**, Sevilla: Iryda, 1971.
- MESQUITA, E. F. de et al. Crescimento e produção de duas cultivares de mamoneira sob fertilização NPK. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 2, p. 35-43, 2012.
- NASCIMENTO, M. B. H. et al. Uso de biofósforo e água residuária no crescimento e desenvolvimento da mamona. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 10, n. 1/2, p. 1001-1007, 2006.
- NASCIMENTO, M. B. H. et al. Propriedades químicas do solo cultivado com mamona, irrigado com água residuária tratada e adubado com biofósforo. **Revista Verde**, Mossoró, v. 4, n. 1, p. 8-5, 2009.
- O'BRIEN, R. D. Fats and oils: An overview. In: O'BRIEN, R. D. et al. (Eds.). **Introduction to fats and oils technology**. 2. ed. Champaign: AOCS Press, 2000. cap. 1, p. 1-19.
- POLLICE, A. et al. Tertiary filtered municipal wastewater as alternative water source in agriculture: A field investigation in Southern Italy. **Science Total Environment**, v. 324, n. 1-3, p. 201-210, 2004.
- QUEIROGA, V. de P. et al. Influência da ordem dos racemos na planta e sistemas de beneficiamento na qualidade de sementes de mamona. **Revista Agro@mbiente On-line**, Boa Vista, v. 6, n. 1, p. 40-46, 2012.
- RODRIGUES, H. C. de A. et al. Crescimento de cultivares de mamoneira em função da aplicação de boro, durante a formação de mudas. **Espania y Portugal Scientia Agraria**, Curitiba v. 10, n. 5, p. 377-382, 2009a.
- RODRIGUES, L. N. et al. Crescimento e produção de bagas da mamoneira irrigada com água residuária doméstica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, (Suplemento) p. 825-835, 2009b.
- SANTOS, J. S. dos et al. Mobilidade de solutos em colunas de solo com água residuária doméstica e de suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 11, p.1226-1233, 2010.
- SEVERINO, L. S. et al. Crescimento e produtividade da mamoneira influenciada por plantio em diferentes espaçamentos entre linhas. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 37, n. 1, p. 50-54, 2006.
- SILVA, D. F. da et al. Crescimento vegetativo e produtividade de mamoneira em função da variedade e da adubação fosfatada. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 1, p. 160-167, 2012.

SOUZA, N. C. et al. Produtividade da mamona irrigada com esgoto doméstico tratado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n. 5, p. 478-484, 2010.

TOZE, S. Reuse of effluent water-benefits and risks. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 80, n. 24, p. 147-159, 2006.

Van GENUCHTEN, V. M. A closed-form equation for predicting the conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of American Journal**, Madison. v. 44, p. 892-898, 1980.

VIANA, A. V. T. et al. Efeito de níveis de irrigação a partir da evaporação medida no tanque reduzido, na cultura da mamoneira. **Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 1, p. 76-87, 2009.

XAVIER, J. F. et al. Crescimento da mamoneira sob diferentes tipos de águas residuárias e níveis de água no solo. **Revista Ambiente e Água – An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, Taubaté, v. 4, n. 3, p. 196-210, 2009.

ZUCHI, J. et al. Componentes do rendimento de mamona segundo a ordem floral e época de semeadura no Rio Grande do Sul. **Revista Ciência Agromônica**, Fortaleza, v. 41, n. 3, p. 380-386, 2010.