



Crescimento e produção de bagas da mamoneira irrigada com água residuária doméstica¹

Luis N. Rodrigues², Aparecida R. Nery², Pedro D. Fernandes², Napoleão E. de M. Beltrão³ & Hans R. Gheyj²

RESUMO

Objetivou-se avaliar os efeitos da irrigação com água de esgoto doméstico sobre o crescimento e a produção de bagas da mamoneira (*Ricinus communis* L), em ambiente protegido. A pesquisa foi desenvolvida entre novembro/2005 e maio/2006, no Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN) da UFPG-PB. Foram estudados 5 níveis de reposição da evapotranspiração da cultura - ETC, (0,60, 0,75, 0,90, 1,05 e 1,20) em duas cultivares de mamoneira (BRS Nordestina e BRS Paraguaçu), constituindo um fatorial 5 x 2, com três repetições, no delineamento estatístico de blocos ao acaso. Avaliaram-se altura de planta, diâmetro caulinar, número de folhas e área foliar aos 48, 90, 132 e 174 dias após a semeadura (DAS). A produção de sementes foi avaliada na última data. A mamoneira irrigada com 0,60 ETC, em relação a 1,05 da ETC, aos 174 DAS, teve a altura de planta, o diâmetro caulinar, o número de folhas, a área foliar e produção de sementes reduzidos em 23,45, 16,14, 26,23, 44,06 e 50,59%, respectivamente. O crescimento em altura da cultivar BRS Paraguaçu foi significativamente maior, ao longo do ensaio, enquanto a BRS Nordestina se destacou em área foliar, no início do ciclo. A produção de bagas foi semelhante nas duas cultivares. Não houve interação significativa entre os fatores estudados.

Palavras-chave: irrigação, evapotranspiração, esgoto doméstico, *Ricinus communis*

Growth and production of seeds of castor bean crop irrigated with domestic wastewater

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the impacts of irrigation with domestic wastewater on growth and production of seeds of castor bean (*Ricinus communis* L) in greenhouse. The research was carried out between November, 2005 and May, 2006, at Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN) of UFPG - PB. A randomized block design was used, with 5 x 2 scheme of factorial analysis with three replications, testing 5 levels of replacement of crop evapotranspiration - ETC (0.60, 0.75, 0.90, 1.05 and 1.20 ETC) and 2 cultivars of castor bean (BRS Nordestina and BRS Paraguaçu). Plant height, stem diameter, number of leaves and leaf area were evaluated at 48, 90, 132 and 174 days after sowing – DAS. Production of seeds was evaluated at last date. Castor bean irrigated with 0.60 ETC in relation to 1.05 ETC, had plant height, stem diameter, number of leaves, leaf area and production of seeds reduced by 23.45, 16.14, 26.23, 44.06 and 50.59%, respectively. The BRS Paraguaçu had plant height significantly higher than the BRS Nordestina, along the research, while BRS Nordestina had larger leaf area at 48 and 90 DAS and production of seeds of both was equivalent. There was no significant interaction between the studied factors.

Key words: irrigation, evapotranspiration, domestic sewerage, *Ricinus communis*

¹ Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola/UFPG

² UAEG/UFPG. Av. Aprígio Veloso 882, CEP 58109-970. Campina Grande-PB. Fone (83) 3310-1285. E-mail(s): luis.lunero@gmail.com; cydanery@gmail.com; pdantas@pesquisador.cnpq.br; hans@deag.ufcg.edu.br

³ EMBRAPA/CNPA. E-mail: napoleão@cnpa.embrapa.br

INTRODUÇÃO

Atualmente, a mamoneira (*Ricinus communis* L.) é considerada uma oleaginosa de alto valor industrial, haja vista que o óleo extraído de suas sementes é matéria-prima para várias indústrias, com destaque para a produção de biodiesel.

Para a agricultura, o uso de água residuária é uma alternativa importante, por liberar as águas potáveis para consumo humano e tornar possível o aproveitamento do potencial hídrico e de nutrientes dos esgotos para o crescimento das plantas (Mancuso & Santos, 2003). A mamoneira, pelo fato de ser uma cultura industrial, em que os seus produtos e coprodutos não são diretamente utilizados na alimentação humana, constitui-se uma boa alternativa para ser cultivada com água residuária (Xavier, 2007).

A aplicação de efluentes na agricultura já é prática comum em muitos países, fazendo parte de programas governamentais de irrigação e gestão de recursos hídricos, como é o caso de Israel, Egito, Austrália, Arábia Saudita, Tunísia e Chile (Pescod, 1992; Hespanhol, 2002). No Brasil, embora a prática de reúso de águas servidas ainda seja pequena, registram-se vários exemplos de utilização de esgotos sanitários em irrigação, em geral de forma espontânea e não controlada (Bastos, 2003).

Em anos recentes, o reúso de águas vem sendo amplamente discutido em workshops, encontros e congressos nacionais. Vários fatores vêm contribuindo para o interesse pela irrigação com efluentes, dentre eles a escassez de recursos hídricos, o avanço do conhecimento técnico-científico em relação ao potencial que representa o uso de esgotos e as limitações do reúso agrícola; são inegáveis, também, as vantagens decorrentes de controle da poluição ambiental, economia de água e fertilizantes, reciclagem de nutrientes e aumento da produção agrícola (Bastos, 2003).

Ayers & Westcot (1999) relatam que a limitação principal do uso de águas residuárias na agricultura é a sua composição química (totais de sais dissolvidos, presença de íons tóxicos e concentração relativa de sódio) e a tolerância das culturas, dependendo da origem do efluente.

As águas de qualidade inferior, tais como efluentes de processos industriais e de esgotos, particularmente as de origem doméstica, águas de drenagem agrícola e águas salobras devem, sempre que possível, ser consideradas fontes alternativas para usos menos restritivos. O uso de tecnologias apropriadas para o desenvolvimento dessas fontes se constitui, hoje, em conjunção com a melhoria da eficiência do uso e o controle da demanda, na estratégia básica para a solução do problema da falta universal de água (Hespanhol, 2002).

Nascimento et al. (2004a) observaram incremento na altura e no diâmetro da mamoneira, com aplicação de água residuária, tornando a planta mais vigorosa e robusta, conferindo-lhe, portanto, maior resistência a tombamento e ataques de pragas.

Na fase de produção de mudas, Lima et al. (2005) testaram os efeitos do lodo de esgotos, obtendo maior vigor e maior resistência das plantas ao tombamento. Xavier (2007) estudou os efeitos de águas residuárias provenientes de três

indústrias diferentes, repondo a umidade do solo aos níveis de 100, 80 e 70% da água disponível, sobre crescimento e produção da cultivar BRS Nordestina; com uma das fontes, foram registrados acréscimos de 66% na altura das plantas, 98% no diâmetro caulinar e de 97% na área foliar, em relação à testemunha absoluta (água de abastecimento sem adubação NPK), nos três níveis de água disponível no solo.

Em condições de Jundiá, SP, Souto et al. (2005) estudaram os efeitos de cinco quantidades de lodo de esgoto (variando de 5 a 80 Mg ha⁻¹, base úmida), em cinco formas diferentes de aplicação, obtendo aumento na produção de fitomassa seca e no acúmulo de nutrientes nas plantas, em função dos fatores estudados, sem efeito interativo entre eles.

Considerando-se a importância da cultura da mamona para a região Nordeste e o fato de não haver, ainda, estudos de níveis de reposição da evapotranspiração sobre o crescimento das cultivares BRS Nordestina e BRS Paraguaçu, realizou-se este trabalho, utilizando-se de água residuária de origem doméstica.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido durante o período de novembro/2005 e maio/2006, em instalações pertencentes à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola/Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (UAEA/CTRN) da UFCG, Campina Grande, PB, com as seguintes coordenadas geográficas: latitude 07° 13' S, longitude 35° 53' W e altitude média 550 m. Na irrigação das plantas, foram estudados 5 níveis de reposição de água, em termos de evapotranspiração (ETc: 0,60, 0,75, 0,90, 1,05 e 1,20), em duas cultivares de mamoneira, BRS Nordestina e BRS Paraguaçu; o delineamento estatístico foi em blocos ao acaso, no esquema fatorial 5 x 2, com três repetições.

Foram utilizados lisímetros de drenagem, com capacidade de 100 L; na base dos lisímetros foi instalado um sistema de drenagem, composto de tela, camada de brita de 2 cm e camada de areia de 2 cm; para conexão a um recipiente externo de 2 L, foi inserida uma mangueira.

Em cada lisímetro foram colocados cerca de 100 kg de material de solo (Argissolo Eutrófico, ds = 1,52 kg dm⁻³ e textura franco-arenosa) devidamente destorroado, adubado e corrigido, conforme resultados da análise química, apresentados na Tabela 1.

Para cada 100 kg de solo (conteúdo de um lisímetro), foram aplicados 66,12 g de calcário dolomítico, equivalentes à aplicação de 2010 kg ha⁻¹. A adubação de plantio foi realizada considerando-se a metodologia descrita para experimentos conduzidos em ambientes protegidos: 100, 300 e 150 mg kg⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente (Novais et al., 1991). Para atender a esta recomendação, se aplicaram, por ocasião do preenchimento dos lisímetros (agosto de 2005), em cada 100 kg de solo, 25% N (5,56 g uréia), todo o P₂O₅ (75,00 g superfosfato triplo) e todo o K₂O (25,87 g KCl).

O solo contido em cada lisímetro foi mantido em capacidade de campo e coberto com tampa própria, entre agosto e novembro de 2005, época da semeadura. Não se realizou adubação de cobertura com o intuito de se verificar o potencial

Tabela 1. Características químicas do solo antes e após calagem e adubação

Atributo	Unidade	Valor	
		Antes	Após
Cálcio extraível (Ca ⁺²)	cmol kg ⁻¹	2,44	14,84
Magnésio extraível (Mg ⁺²)	cmol kg ⁻¹	3,54	7,63
Sódio extraível (Na ⁺)	cmol kg ⁻¹	0,10	1,47
Potássio extraível (K ⁺)	cmol kg ⁻¹	0,13	0,20
Hidrogênio extraível (H ⁺)	cmol kg ⁻¹	2,61	2,03
Alumínio extraível (Al ⁺³)	cmol kg ⁻¹	0,67	0,00
Carbono orgânico (C-Org.)	g kg ⁻¹	3,00	3,01
Matéria orgânica (M.O.)	g kg ⁻¹	5,18	5,20
Nitrogênio (5% M.O.) (N-Org.)	g kg ⁻¹	0,26	0,26
Fósforo assimilável (P)	mg kg ⁻¹	3,10	122,60
pH em água (1:2,5) (pH)		5,56	6,33
CE da suspensão solo-água (1:2,5) (CEsa)	dS m ⁻¹	0,26	3,67

de uso da água de esgoto doméstico sobre o crescimento das plantas.

As irrigações foram realizadas com água residuária de esgoto bruto proveniente do Riacho Monte Santo, que circula ao longo da área experimental, com deságue no Açude de Bodocongó. O sistema de captação da água de irrigação foi

composto por um recipiente de PVC com capacidade para 250 L com paredes perfuradas e envolvidas por tela de malha de 1 mm, motobomba Anauger submersa ('bomba sapo') com potência de 370 W, tubulação de recalque com 50 m de mangueira de polietileno 20 mm e reservatório com capacidade de 1000 L, instalado junto à casa de vegetação.

Realizaram-se, durante o período experimental, análises físico-químicas e microbiológicas da água de esgoto no Laboratório de Irrigação e Salinidade da UFCG e no Laboratório do Programa de Saneamento Básico – PROSAB, de acordo com as metodologias contidas em Richards (1977) e APHA (1997), cujos atributos com os respectivos resultados constam nas Tabelas 2 e 3. As amostras foram coletadas por volta das 8 h da manhã e acondicionadas em garrafas plásticas de 2 L. Para as análises microbiológicas, as coletas foram feitas em frascos de vidro âmbar esterilizados, em seguida acondicionados em caixas de isopor e transportados até o PROSAB.

As sementes das cultivares BRS Nordestina e BRS Paraguaçu, cedidas pela Embrapa Algodão, passaram por criteriosa seleção, eliminando-se as defeituosas e com indícios de fungos, ataques de insetos e danos mecânicos. Para assegurar plantas vigorosas, foram semeadas, em cada unidade experimental, seis bagas, na profundidade de 2 cm

Tabela 2. Características físico-químicas do efluente de esgoto bruto durante o período experimental

Atributo	15/12/05	19/01/06	02/02/06	23/02/06	30/03/06	13/04/06	Média
pH	7,80	8,67	8,03	7,67	7,68	7,55	7,79(1)
CE (dS m ⁻¹)	1,40	1,31	1,40	1,51	1,47	1,28	1,40
Classe de água	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3
Cálcio (mg L ⁻¹)	53,40	55,00	54,00	66,00	56,00	52,20	56,10
Magnésio (mg L ⁻¹)	38,88	55,48	34,68	33,60	38,50	33,12	39,04
Sódio (mg L ⁻¹)	135,93	147,20	140,76	156,40	137,31	133,17	141,80
RAS (mmol L ⁻¹) ¹²	3,44	3,33	3,66	3,89	3,44	3,53	3,55
N-total (mg L ⁻¹)	33,00	39,07	32,54	30,05	25,68	28,66	31,50
Fósforo (mg L ⁻¹)	4,42	4,75	5,40	5,25	3,90	3,88	4,60
Potássio (mg L ⁻¹)	22,48	29,25	26,91	27,30	29,25	25,74	26,82
Cloretos (mg L ⁻¹)	179,73	168,39	186,11	228,65	219,79	201,0	197,28
Sulfato (mg L ⁻¹)	12,96	49,48	3,36	56,64	42,24	45,12	34,97
Bicarbonatos (mg L ⁻¹)	541,07	389,79	318,42	536,19	589,87	497,15	478,75
Carbonatos (mg L ⁻¹)	10,80	96,00	103,80	34,20	0,00	0,00	40,80
Ferro (mg L ⁻¹)	1,10	11,0	0,47	1,34	0,63	0,15	2,45
Zinco (mg L ⁻¹)	0,010	0,014	0,011	0,013	0,015	0,015	0,013
Cobre (mg L ⁻¹)	0,005	0,004	0,005	0,004	0,007	0,005	0,005
Manganês (mg L ⁻¹)	0,13	0,08	0,13	0,07	0,08	0,11	0,10
Dureza Total - CaCO ₃ (mg L ⁻¹)	295,62	326,87	279,37	305,00	300,62	268,75	296,04
TDS (mg L ⁻¹)	896,00	839,00	896,00	966,00	941,00	819,00	892,83

Tabela 3. Características físico-químicas e microbiológicas do efluente de esgoto bruto

Atributo	12/01/2006	01/02/2006	23/02/2006	15/03/2006	26/04/2006	Média
NTK (mg L ⁻¹)	31,40	40,90	34,09	29,12	21,80	31,46
P Total (mg L ⁻¹)	4,87	5,60	5,33	5,03	3,70	4,91
DQO (mg L ⁻¹)	122,00	92,00	150,00	86	84,00	106,80
Helminthos (ovos L ⁻¹)	153	216	198	63	136	153
Coliformes fecais (CF 100mL ⁻¹)	2,00E+05	2,50E+05	2,30E+05	2,50E+04	1,68E+04	1,44E+05
Sólidos totais (mg L ⁻¹)	952	1256	1140	1333	899	1116
Sólidos voláteis (mg L ⁻¹)	205	180	184	212	167	190
Sólidos fixos (mg L ⁻¹)	747	1076	956	1121	732	926

NTK - Nitrogênio total kjedhal, DQO - Demanda química de oxigênio.

com o solo em capacidade de campo para possibilitar a eliminação das plantas menos vigorosas por ocasião dos desbastes. Os lisímetros ficaram espaçados 1,00 x 0,70 m. A semeadura ocorreu no dia 16 de novembro de 2005 (três meses após a calagem).

Utilizou-se do delineamento estatístico de blocos ao acaso no esquema de análise fatorial 5 x 2, com três repetições, sendo 5 níveis de reposição de água em termos de evapotranspiração (0,60, 0,75, 0,90, 1,05 e 1,20 ETc) e 2 cultivares (BRS Nordestina e BRS Paraguaçu). As variáveis altura de planta, diâmetro caulinar, número de folhas e área foliar, foram avaliadas aos 48, 90, 132 e 174 dias após a semeadura (DAS); aos 48 e 90 DAS, a unidade experimental foi constituída pela média de duas plantas cultivadas em lisímetros separados, enquanto aos 132 e 174 DAS cada parcela foi representada por uma planta. Os níveis de reposição da ETc foram aplicados a partir de 21 DAS.

As irrigações, com turno de rega de dois dias, foram efetuadas com uso de proveta volumétrica. Os volumes de água aplicados para atender o fator ETc foram determinados em função do balanço hídrico em tratamento da reposição de 1,05 ETc, de tal forma a proporcionar cerca de 5% de drenagem neste nível, conforme Eq. 1:

$$VI = 1,05*(VI_{n-1} - VD_{n-1}) \quad (1)$$

em que:

VI - volume de água a ser aplicado no nível i, neste caso 1,05 de reposição (mL);

VI_{n-1} - volume de água aplicado no evento de irrigação anterior (mL);

VD_{n-1} - volume de água drenado no evento de irrigação anterior (mL).

Para estimativa da área foliar utilizou-se do modelo matemático proposto por Wendt (1967), em função do comprimento das folhas da planta, conforme Eq. 2:

$$\text{Log AF} = -0,346 + 2,152 \text{ log CF} \quad (2)$$

em que: AF - Área foliar (cm²) e CF - comprimento da folha (cm); a área foliar total da planta (AFT) correspondeu à soma dos valores de AF de todas as folhas de cada planta.

Os dados foram tabulados e submetidos às análises de variância, de médias e de regressão polinomial, usando-se o software estatístico SISVAR-ESAL (Lavras, MG). Os contrastes entre as médias qualitativas relacionadas às cultivares (BRS Nordestina e BRS Paraguaçu) foram avaliados pelo teste de Tukey ou simplesmente pelo teste 'F' a (5% de probabilidade) que é conclusivo para um contraste simples. De acordo com Santos et al. (1998), os graus de liberdade dos tratamentos 'ETc' (níveis de reposição de água na irrigação) foram decompostos em componentes de regressão polinomial (linear, quadrática, cúbica e de quarto grau), optando-se pelo mais alto grau de significância, para a elaboração das figuras.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Altura de planta (AP)

Houve efeito altamente significativo dos níveis de reposição da evapotranspiração (ETc) sobre a altura das plantas, nas quatro épocas de avaliação. De acordo com as equações de regressão, o modelo que melhor ajustou os dados aos 48 e 90 dias após a semeadura - DAS, foi o cúbico (Figura 1A), com efeitos mais intensos na primeira avaliação; com base nas equações, observaram-se aos 48 DAS incrementos de 9,94,

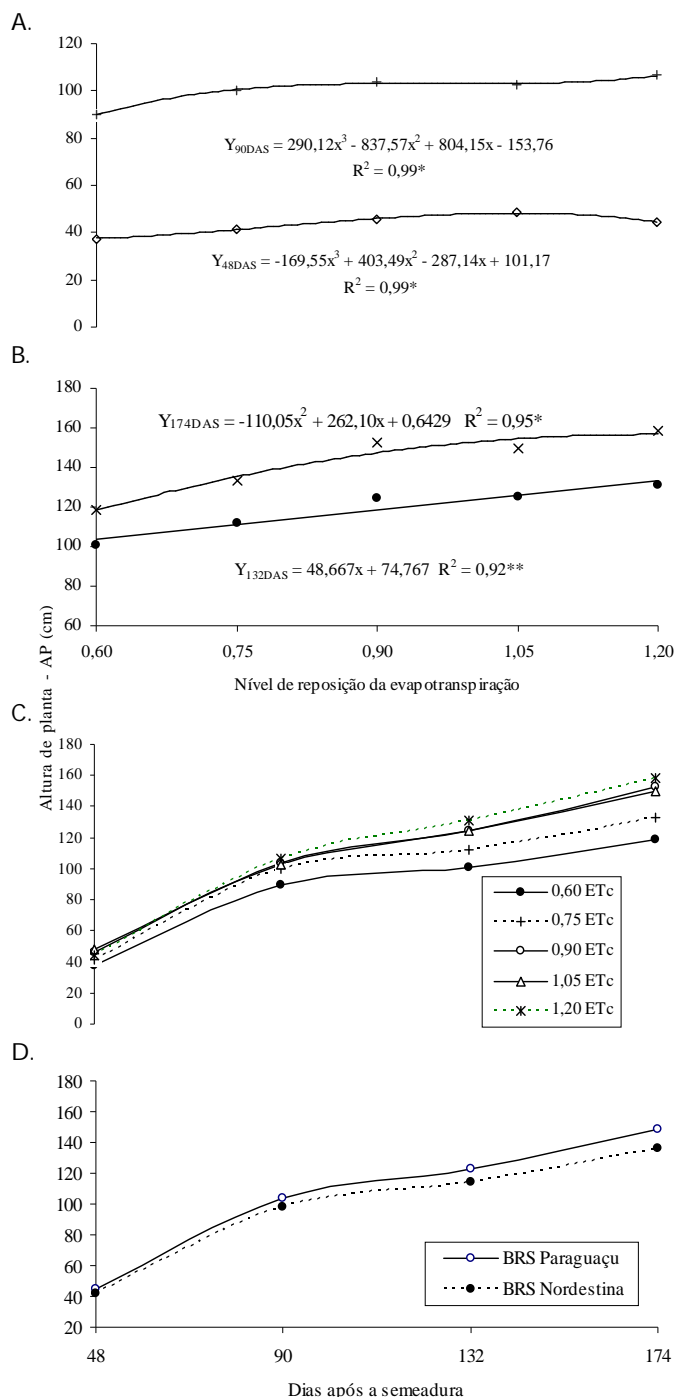


Figura 1. Altura de plantas de mamoneira aos 48, 90 (A), 132 e 174 (B) dias após a semeadura - DAS, variação temporal por nível de reposição (C) e por cultivar (D)

22,52, 28,59 e 19,00% para os tratamentos 0,75, 0,90, 1,05 e 1,20 ETC, respectivamente, enquanto aos 90 DAS os incrementos foram 11,95, 14,65, 14,64 e 18,44%, respectivamente, em relação ao tratamento 0,60 ETC; aos 132 e 174 DAS, com efeito linear e quadrático (Figura 1B), observaram-se incrementos ainda maiores; entre ETC₁ e ETC₅ houve aumento de 28,09% aos 132 dias e de 32,47% aos 174 dias. Deduz-se ser a mamoneira sensível ao estresse hídrico, diminuindo o crescimento em altura, notadamente quando irrigada com nível reposição de 60% da evapotranspiração.

É importante notar que as plantas cresceram de forma mais acentuada entre 48 e 90 DAS, diminuindo de intensidade no período seguinte e voltando a ser um pouco mais intenso no último período, 132 a 174 DAS (Figura 1C e D). Verifica-se, pelo teste de comparação de médias, que a altura da cultivar BRS Paraguaçu foi significativamente maior ao longo do experimento (Tabela 4 e Figura 1D), diferindo das características reportadas por Carvalho (2005) que observou maior crescimento da BRS Nordestina. Barros Júnior et al. (2004), irrigando as plantas das mesmas cultivares, com água de abastecimento urbano, para atingir os níveis de 40, 60, 80 e 100% de água disponível, notaram que apenas aos 60 DAS a altura da cultivar BRS Paraguaçu foi significativamente maior. Os mesmos autores concluíram que as cultivares são sensíveis à escassez de água no solo.

Tabela 4. Médias das cultivares para altura de planta – AP (A), diâmetro caulinar – DC (B), número de folhas – NF (C) e área foliar – AF (D) da mamoneira aos 48, 90, 132 e 174 dias após a semeadura - DAS

Cultivar	48 DAS	90 DAS	132 DAS	174 DAS
A - Altura de Plantas - AP (cm)				
Paraguaçu	44,97 a	103,53 a	122,60 a	148,80 a
Nordestina	42,09 b	97,67 b	114,53 b	136,01 b
DMS*	1,57	2,91	5,32	6,46
B - Diâmetro caulinar - DC (mm)				
Paraguaçu	15,08	29,53	31,37	32,39
Nordestina	15,22	29,0667	31,2467	32,02
DMS*	0,45	0,68	1,19	1,17
C - Número de folhas - NF				
Paraguaçu	11,63	47,86 a	41,05	32,80
Nordestina	10,97	42,98 b	36,62	30,87
DMS*	0,76	3,41	5,71	5,16
D - Área foliar - AF (m ²)				
Paraguaçu	0,2373 b	1,5440 b	1,2720	0,8977
Nordestina	0,2646 a	1,6229 a	1,4210	0,8885
DMS*	0,0162	0,0712	0,2260	0,0986

*DMS - Diferença mínima significativa

Notou-se ausência de interação significativa para a 'AP', denotando-se que os efeitos dos tratamentos de reposição da irrigação, com base na 'ETC', não variaram entre as cultivares. Nascimento et al. (2004a) verificaram ajustes da altura da mamoneira ao modelo linear logístico, aumentando o crescimento das plantas em função da aplicação de água residuária, ao longo do tempo. Barros Júnior (2007) constatou que a altura média final (180 DAS) das plantas cultivadas sem estresse (100% de água disponível - AD) chegou a 1,28 m;

nesta pesquisa, foi possível estimar, aos 174 DAS, altura média de 1,49 m nas plantas irrigadas com 100% da evapotranspiração; tal diferença pode ser atribuída ao aporte de nutrientes da água residuária, contribuindo para o maior crescimento das plantas. Lacerda (2006) observou incremento linear na altura da cultivar BRS Paraguaçu com o aumento da disponibilidade hídrica no solo e que as plantas conduzidas em substrato mais rico em matéria orgânica (25 g kg⁻¹) foram significativamente maiores que aquelas cultivadas em ambiente mais pobre (5 g kg⁻¹).

Em recente pesquisa com a cultivar BRS Nordestina irrigada com águas residuárias tratadas de três indústrias de Campina Grande, PB, Xavier (2007) constatou melhores resultados de crescimento nas plantas conduzidas com 100% AD, destacando-se uma das fontes hídricas.

De acordo com Santos et al. (2004), o crescimento da mamoneira é prejudicado quando cultivada em solo com baixos teores de nutrientes, haja vista que esta planta demanda grande quantidade de nitrogênio para se obter crescimento e produção viáveis.

Tendo em vista que foi realizada apenas adubação de fundação (não foram feitas adubações de cobertura), o aporte de nutrientes para o crescimento da mamoneira foi retirado, na sua maior parte, da água residuária utilizada na irrigação, principalmente nitrogênio, nutriente de maior importância para o crescimento das plantas. O efluente de esgoto aportava concentrações de N total variando entre 25,68 e 39,07 mg L⁻¹ (Tabela 2), porém inferiores às concentrações registradas por outros pesquisadores, aproximadamente 50 mg L⁻¹ (Feigin et al., 1991; Medeiros et al., 2005) ou mesmo 60 mg L⁻¹ (Alves, 2006).

Sofiatti et al. (2007), estudando níveis crescentes de lodo de esgoto em algodoeiro, verificaram, também, efeitos positivos sobre o crescimento das plantas em altura, decorrente de sua riqueza em nitrogênio. Fidelis Filho et al. (2005) também registraram maiores valores de altura das plantas de algodão BRS Verde irrigadas com efluente decantado comparado com água de poço, decorrente das altas concentrações de matéria orgânica e nutrientes presentes no efluente.

Em pimentão, Duarte (2007) obteve aumento da altura das plantas, quando irrigadas com efluentes de origem doméstica; segundo o autor, exceto para o fósforo, as plantas cultivadas com água residuária continham teores adequados de macro e micronutrientes no tecido foliar.

Diâmetro caulinar (DC)

O crescimento de 'DC' em função dos níveis de reposição da 'ETC' está apresentado na Figura 2A e B. Os dados se ajustaram ao modelo quadrático na primeira avaliação (48 DAS), enquanto nas demais (90, 132 e 174 DAS) o 'DC' variou linearmente. À semelhança da 'AP', o diâmetro foi intensamente afetado pela baixa disponibilidade de água no solo.

Constata-se, pelos coeficientes de determinação (R²), alto grau de associação entre o nível de reposição de água e as variáveis avaliadas. Os acréscimos verificados no 'DC' entre 0,60 e 1,20 ETC (com base nos modelos matemáticos apresentados na Figura 2) foram 39,63, 20,74, 24,18 e 25,67% aos 48, 90, 132 e 174 DAS, respectivamente, com maior sensibilidade

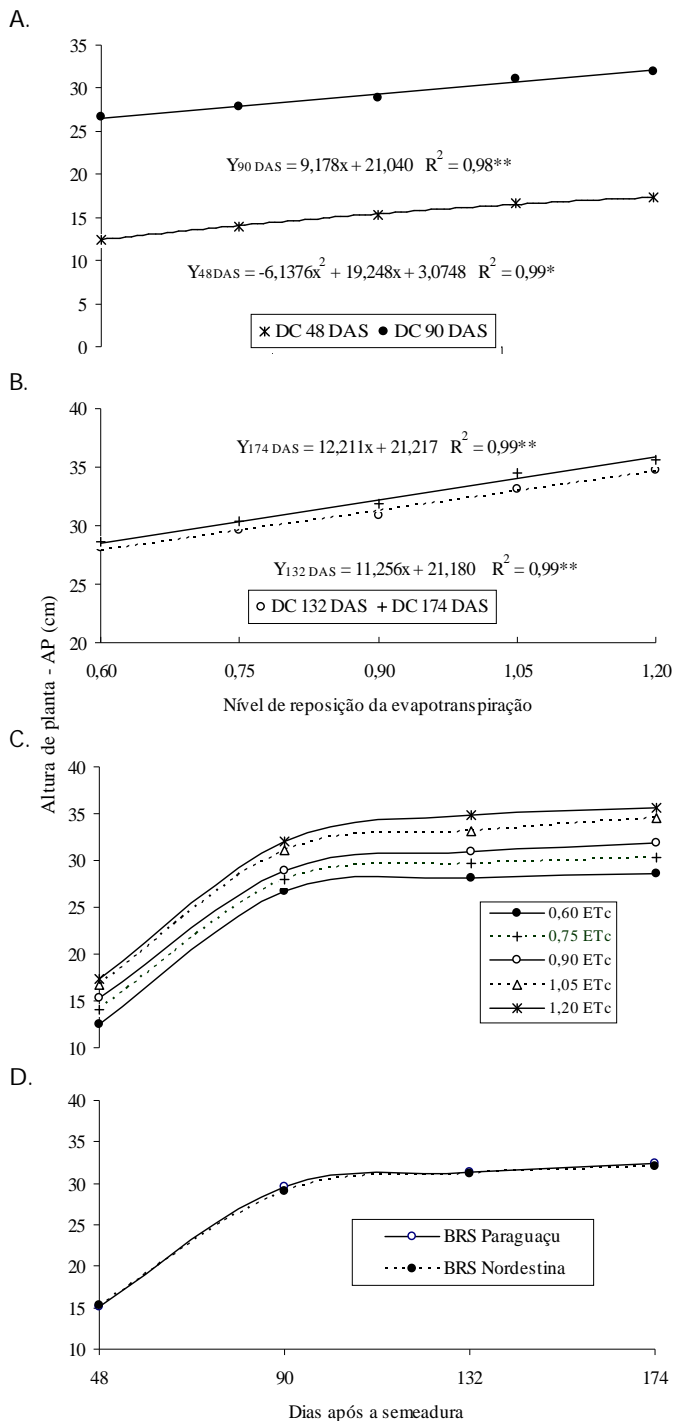


Figura 2. Diâmetro caulinar de plantas de mamoneira aos 48, 90 (A), 132 e 174 dias após a semeadura – DAS (B), variação temporal por nível de reposição (C) e por cultivar (D)

na fase inicial de crescimento, caso em que se deduz que plantas cultivadas sem restrição hídrica devem ser mais resistentes ao tombamento devido aos caules mais robustos. No que diz respeito às médias de ‘DC’ das duas cultivares, não se verificou diferença significativa (Tabela 4); a constatação de não significância estatística entre as médias das cultivares evidencia que a BRS Paraguaçu e a BRS Nordestina cresceram de forma semelhante aos níveis de ETc no solo. A ausência de interação significativa, verificada também para ‘DC’, de-

nota que o efeito de ‘ETc’ sobre as cultivares ocorreu de modo semelhante.

Xavier (2007) notou diferenças significativas no diâmetro das plantas da cultivar BRS Nordestina irrigadas com águas residuárias de três indústrias de Campina Grande, PB, em que as diferenças foram atribuídas ao aporte de nutrientes das águas; de forma análoga à variável anterior (altura de planta), o autor observou maior crescimento do diâmetro com os níveis de 80 e 100% de água disponível.

Barros Júnior et al. (2004), trabalhando com água de abastecimento com as mesmas cultivares e os níveis de 40, 60, 80 e 100% de água disponível, também não verificaram diferença significativa entre as duas cultivares, em termos de ‘DC’ aos 60, 120 e 180 DAS.

Neste trabalho se observou diâmetro caulinar médio superior a 32,0 mm, maior que os 23,0 mm obtidos por Barros Júnior (2007), em estudo similar, porém com água de abastecimento cuja grande diferença pode ser atribuída ao aporte de nutrientes da água residuária. Lacerda (2006) observou, aos 120 dias da semeadura, diâmetro caulinar médio de 30,33 mm nas plantas da cultivar BRS Paraguaçu em solo com 2,50% de matéria orgânica sem, entretanto, diferir do diâmetro das plantas cultivadas em solo contendo 0,50% de matéria orgânica (28,75 mm). Silva et al. (2004), em estudos de avaliação preliminar de cultivares da mamona sob condições semiáridas, observaram diâmetro médio de 32,3 mm para a BRS Nordestina e 30,8 mm para a BRS Paraguaçu, resultados estes mais próximos aos obtidos no presente estudo; já Albuquerque et al. (2006) notaram que o diâmetro caulinar é afetado por doses de nitrogênio sem, entretanto, ser influenciado por diferentes fontes desse macronutriente.

Fidelis Filho et al. (2005), à exemplo da altura, observaram maiores valores de diâmetro caulinar das plantas de algodão BRS Verde irrigadas com efluente decantado comparado com água de poço.

Pelas Figura 2C e D se constata que o diâmetro caulinar da mamoneira cresce de forma mais acentuada até três meses após o plantio e que os dados são semelhantes entre as cultivares. Ainda pela Figura 2C se observa, pelo paralelismo das curvas, que o efeito entre as lâminas de irrigação foi semelhante ao longo do tempo, diferente do que foi observado para a altura de plantas (Figura 1C).

Número de folhas (NF)

Pelos resultados das análises de variância desta variável, notaram-se efeitos significativos lineares aos 48, 90 e 174 DAS e quadrático aos 132 DAS; o número de folhas (NF) das cultivares, seja sob efeito linear ou quadrático, aumentou com o incremento do nível de reposição da evapotranspiração (Figura 3). Os acréscimos em ‘NF’, estimados a partir dos modelos matemáticos, entre ETc₁ e ETc₅, foram 95,42, 35,62, 157,36 e 47,41% aos 48, 90, 132 e 174 DAS, respectivamente.

Embora se possa considerar como satisfatório o crescimento da mamoneira em condições dos baixos níveis de reposição de água, simulando condições de seca e/ou de baixa precipitação pluviométrica, ficou evidenciada a sua sensibilidade à condição de estresse hídrico aos tratamentos a que foi submetida. Em trabalho similar, porém, com água de abastecimento,

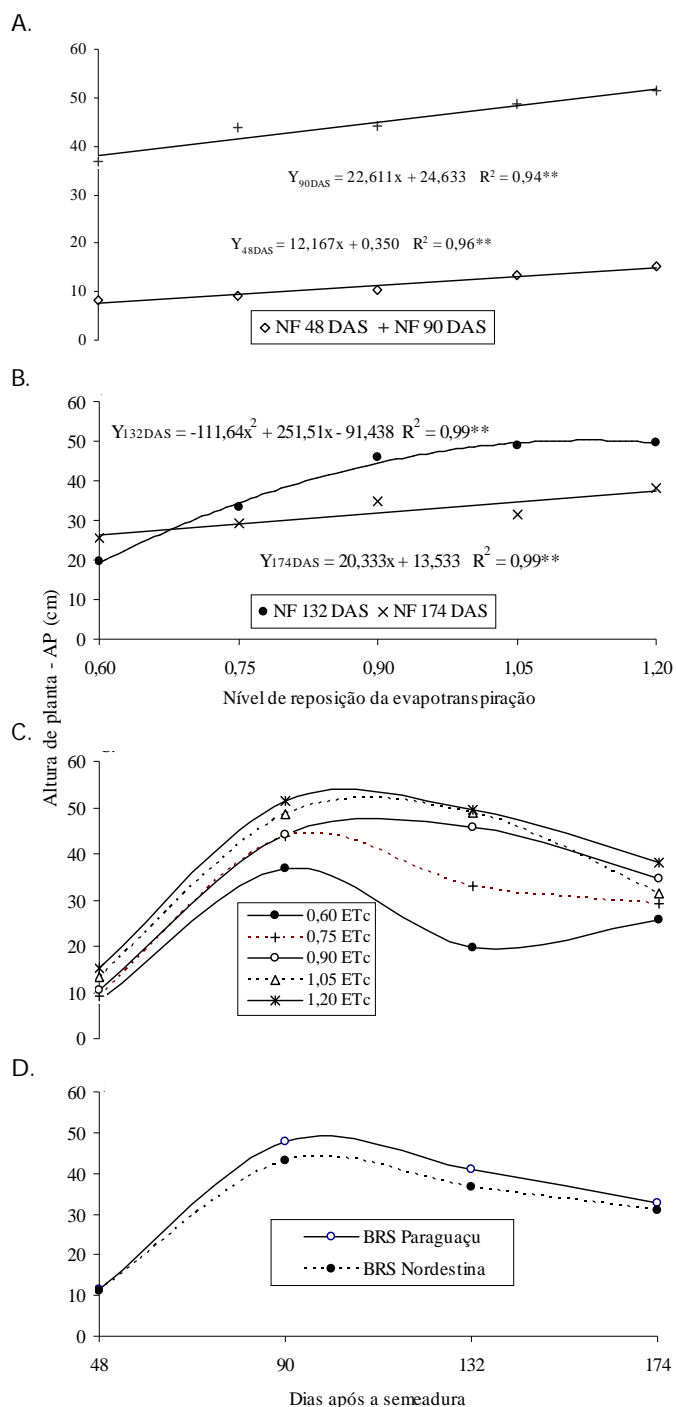


Figura 3. Número de folhas da mamoneira aos 48, 90 (A), 132 e 174 dias após a semeadura – DAS (B), variação temporal por nível de reposição (C) e por cultivar (D), em função do nível de reposição da evapotranspiração

Barros Júnior et al. (2004) obtiveram resultados semelhantes, pesquisando as mesmas cultivares. Pelas médias apresentadas na Tabela 4 e ilustradas na Figura 3D, observou-se crescimento similar entre os dois genótipos, porém com tendência de a cultivar BRS Paraguaçu produzir maior número de folhas, com diferença significativa aos 90 DAS.

Observou-se ausência de interação significativa entre os dois fatores, indicativo de que o efeito das lâminas de irrigação sobre o número de folhas não dependeu da cultivar. Como se observa na Figura 3C, o ‘NF’ aumentou com o incremento

do nível de reposição de água no solo; após 100 DAS, nota-se ocorreu redução de folhas em todos os tratamentos, devido à senescência, porém, após 132 DAS, as únicas plantas com ganho de folhas foram aquelas conduzidas com índice de reposição mais baixo, com redução dos efeitos em relação aos demais tratamentos. Salienta-se que a recuperação do número de folhas, com 0,60 ETC, após os 132 DAS, não resultou em aumento da área foliar, uma vez que não houve expansão do limbo; também se visualiza, pela Figura 3C, a superioridade das plantas cultivadas com elevado nível de reposição de água. Barros Júnior (2007) ao submeter a mamoneira a diferentes níveis de água disponível no solo em ambiente protegido (40 a 100% AD), verificou decréscimo acentuado na quantidade de folhas das cultivares testadas, com média de 13,08 folhas por planta, bem inferior à média obtida nesta pesquisa, que chegou a 31,83 folhas aos 174 DAS.

Tomando como exemplo o lodo de esgoto, a sua aplicação ao solo funciona como importante meio de suplementação de nutrientes, com destaque para nitrogênio, conforme observado por Vieira & Cardoso (2003). Em algodoeiro, Sofiatti et al. (2007) registraram, igualmente, aumento no número de folhas com incremento nas quantidades aplicadas de lodo de esgoto, possivelmente por seu teor elevado de nitrogênio, nutriente diretamente envolvido na síntese de aminoácidos e proteínas, com conseqüências sobre a expansão celular e formação de novos tecidos, segundo Epstein & Bloom (2006).

Área foliar (AF)

Observaram-se, em área foliar, efeitos lineares altamente significativos ($P < 0,01$), nas quatro épocas, com o incremento do nível de reposição da evapotranspiração; entretanto, aos 132 DAS também houve efeito cúbico (Figura 4A e B). Os acréscimos sobre a área foliar das plantas submetidas ao nível 1,20 ETC, relativos a 0,60 ETC, segundo modelos matemáticos apresentados na Figura 4A e B, foram 178,87, 47,15, 115,98 e 105,00% aos 48, 90, 132 e 174 DAS, respectivamente. A maior área foliar foi observada por volta de 100 DAS, em todos os níveis de reposição da ETC (Figura 4C e D).

Como discutido nas variáveis abordadas, anteriormente, Xavier (2007) estudou o crescimento da mamoneira BRS Nordestina irrigada com águas residuárias de três indústrias, obtendo valores mais altos dos índices de crescimento, dentre eles a área foliar, com a utilização de uma das fontes de água; a explicação, segundo a autora, se deve ao maior conteúdo em nutrientes minerais, principalmente nitrogênio, fósforo e micronutrientes e pelo seu elevado teor em matéria orgânica.

Ao final desta pesquisa se observou, com o nível mais baixo de reposição, comparado ao nível de 1,05 ETC, que a altura da planta, o diâmetro caulinar, o número de folhas e a área foliar foram reduzidos na ordem de 23,45, 16,14, 26,23 e 44,06%, respectivamente; ao se comparar com o nível mais elevado (1,20 ETC), tais variáveis foram reduzidas em 24,51, 20,43, 32,16 e 51,22%, respectivamente. A área foliar, portanto, foi a variável de crescimento mais afetada, reforçando a sensibilidade das cultivares à condição de estresse hídrico (baixos níveis de reposição de água). Lacerda (2006) verifi-

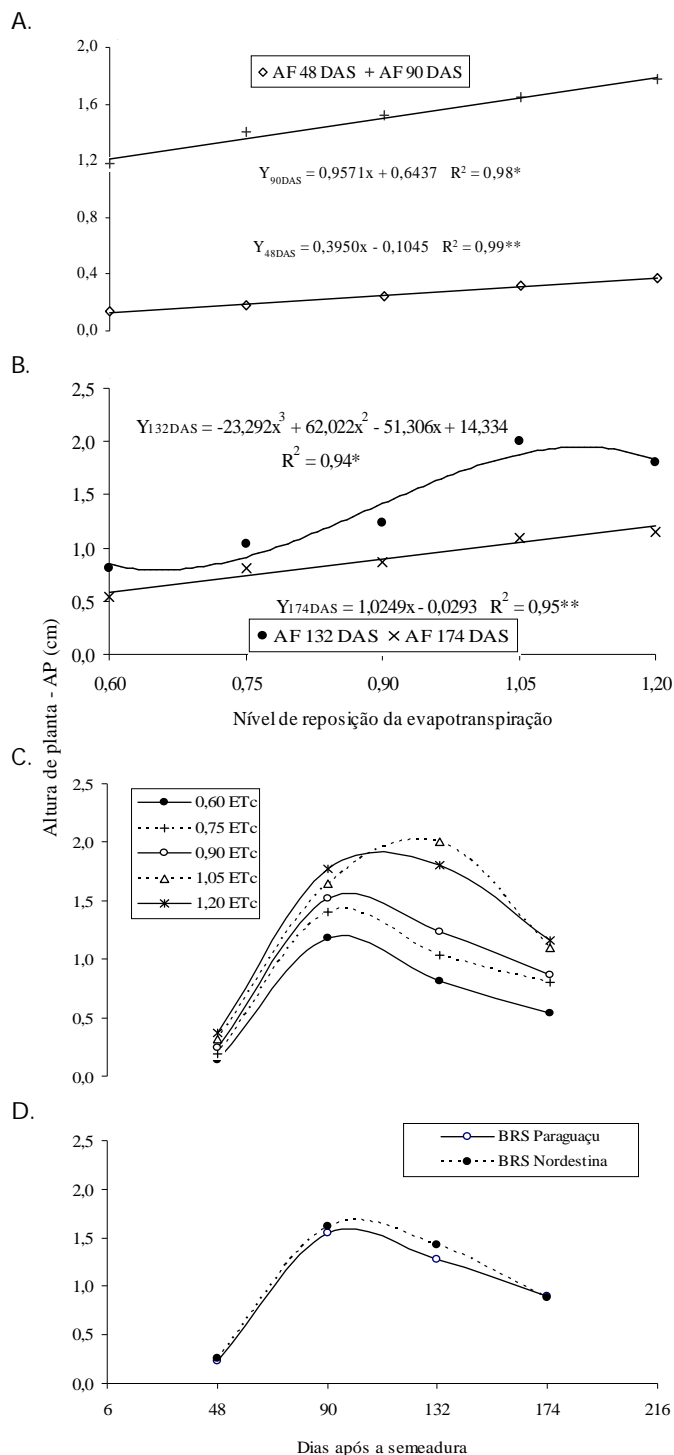


Figura 4. Área foliar da mamoneira aos 48, 90 (A), 132 e 174 dias após a semeadura DAS (B), variação temporal por nível de reposição (C) e por cultivar (D), em função do nível de reposição da evapotranspiração

cou incremento de 37,60% na 'AF' da cultivar BRS Nordestina, irrigada com água de abastecimento, aos 120 DAS, em plantas do tratamento 70% da AD, em comparação às plantas adequadamente irrigadas (100% AD), corroborando com os resultados desta pesquisa.

Segundo Fageria (1989), em situações de estresse hídrico a grande maioria dos vegetais busca alternativas para diminuir o consumo de água, reduzindo, principal-

mente a transpiração e, dentro das adaptações mais conhecidas, o autor cita a diminuição da área foliar, diminuindo, conseqüentemente, as perdas de água por transpiração.

A área foliar se reduziu, linearmente, nas plantas submetidas aos menores níveis de reposição de água, até cerca de 100 DAS (Figura 4C); situação semelhante foi encontrada por Barros Júnior (2007), observando reduções em área foliar surgem mais precocemente, quanto menor for o nível de água disponível no solo.

Aos 48 e 90 DAS observou-se maior 'AF' nas plantas da cultivar BRS Nordestina, sendo 11,53 e 5,11% maior que na BRS Paraguaçu; entretanto, a diferença foi suprimida ao longo do tempo (Tabela 4). Na Figura 4D está representada a evolução da área foliar das duas cultivares pesquisadas; deduz-se que, em média, o máximo de área foliar ocorreu por volta de 100 DAS, fato semelhante ao observado com o número de folhas. A ausência de interação significativa para 'AF', situação também notada nas variáveis anteriormente discutidas, denota que o efeito de 'ETc' não dependeu das 'Cultivares', isto é, foi semelhante entre elas.

Xavier (2007) notou, também, em pesquisa com a cultivar BRS Nordestina irrigada com águas residuárias tratadas de três indústrias de Campina Grande, PB, comportamento semelhante, com tendência de decréscimo após 90 DAS. Segundo o autor, à semelhança das variáveis anteriores (altura de planta e diâmetro caulinar), o uso do efluente industrial mais rico e equilibrado em nutrientes resultou em maior crescimento em área foliar, notadamente quando as mamoneira foram irrigadas com níveis de 80 e 100% de água disponível. Nas plantas como testemunha absoluta (água de abastecimento sem adubação), o autor registrou decréscimo acentuado na área foliar, da ordem de 90%. Bezerra et al. (2005), em pesquisa com algodoeiro, concluíram que, em geral, a água residuária tratada (W2) proporcionou aumento de todas as variáveis de crescimento analisadas quando comparada com a água de abastecimento.

Para Medeiros et al. (2007), o uso de água residuária constitui recurso importante no suprimento de nutrientes (principalmente N, P e K) e água para a cultura da gérbera, potencializando produtividade compatível ou até superior às técnicas de produção convencional, baseadas no uso de adubação mineral.

Portanto, uma das alternativas para produção de mamona é com adubação via orgânica, com uso de águas residuárias, ou lodo de esgotos, a exemplo de seu uso nas culturas de milho e feijão (Nogueira et al., 2006), algodão (Pedroza et al., 2005; Bezerra et al., 2005; Fidelis et al., 2005), cana-de-açúcar (Marques et al., 2006), gérbera (Medeiros et al., 2007) e da própria mamoneira (Lima et al., 2005), comprovando a viabilidade da adubação com lodo de esgotos.

Para Benincasa (2003), o declínio da área foliar à medida que as plantas se desenvolvem, também pode ser decorrente do auto-sombreamento, o que provocaria a diminuição da área foliar a partir de determinada fase do ciclo fenológico da cultura.

Produção de bagas

A produção de sementes ou bagas, variável mais importante sob o ponto de vista econômico, também foi influenci-

ada, significativamente, pelos níveis de reposição da evapotranspiração. Observou-se que a produção de uma maneira geral foi baixa; verificaram-se produções oscilando de 81,0 g a 191,5 g por planta (Figura 5), correspondente a 18,4 g de sementes por incremento de 10 % na reposição da ETc. Nascimento et al. (2004b) concluíram que a água residuária influenciou significativamente, todos os componentes da produção, com destaque para a produção de sementes por planta, que atingiu 630,68 g/planta, muito superior a obtida com água de abastecimento, 31,08 g/planta.

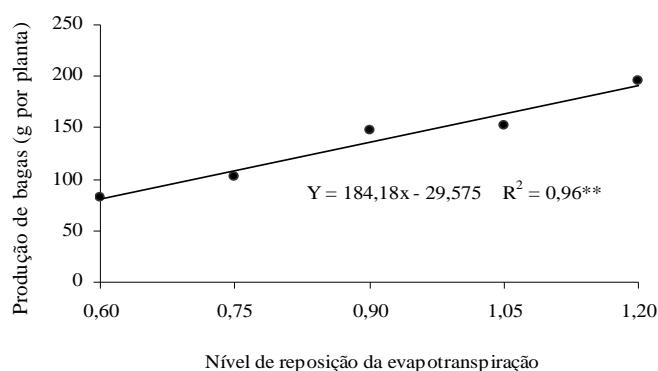


Figura 5. Produção de bagas da mamoneira aos 174 dias após a semeadura DAS, em função do nível de reposição da evapotranspiração

Vale salientar que neste experimento não se efetuaram adubações de cobertura (apenas fez-se a adubação de fundação), sugerindo que o aporte de nutrientes da água residuária não foi suficiente para promover produções rentáveis. Por outro lado, a disposição excessiva de esgoto doméstico mediante irrigação pode aumentar o crescimento vegetativo, retardar a maturação ou provocar colheitas de baixa qualidade.

Também é conveniente salientar que o aporte de P na água residuária era baixo, inferior a 5,0 mg L⁻¹ (Tabelas 2 e 3); este nutriente desempenha a função de converter energia solar em alimento, fibra e óleo pelas plantas, influencia na qualidade dos frutos e dos grãos, e é vital para a formação de sementes (Malavolta, 1996). Nesse contexto, a baixa produção pode ser atribuída ao desbalanceamento de nutrientes da água de irrigação. Segundo Santos et al. (2004) sob deficiência de N, a frutificação, quando ocorre, é fraca, com poucos cachos e frutos com peso abaixo do esperado.

Para Carvalho (2005), a adubação, na maioria dos casos, representa diferença entre um lucro substancial e uma perda. Muitos acreditam que nenhum outro insumo leva a retornos tão elevados quanto o uso eficiente dos fertilizantes. Entretanto, ficou evidenciada a sensibilidade da mamoneira quando cultivada sob déficit hídrico, de modo que verificou-se acréscimo de 136,5 % na produção de bagas nas plantas irrigadas com o nível mais elevado de reposição em relação ao mais baixo nível, evidenciando que a produção de bagas foi correlacionada com o crescimento da planta.

Por outro lado, Souza et al. (2005), em pesquisa com café, concluíram que o tratamento manejo convencional (água doce mais adubação) superou a todos os tratamentos (lâminas) do manejo com água residuária, em número de grãos colhidos por ramo.

Não foi observada diferença significativa entre as duas cultivares testadas e nem interação significativa entre os fatores estudados.

CONCLUSÕES

1. A altura de planta, o diâmetro caulinar, o número de folhas e a área foliar das cultivares de mamoneira são reduzidos em 24,12, 19,25, 35,56 e 78,75%, respectivamente, quando as plantas são irrigadas com 60% da evapotranspiração.
2. O crescimento da mamoneira é favorecido pela irrigação com a água residuária de origem doméstica.
3. A altura da cultivar BRS Paraguaçu é maior que a altura da BRS Nordestina.

AGRADECIMENTOS

Ao Fundo Setorial de Recursos Hídricos (CT-Hidro)/Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo suporte financeiro.

LITERATURA CITADA

- Albuquerque, R. C.; Sampaio, L. R.; Beltrão, N. E. de M.; Lima, R. L. S. Influência de fontes e doses de nitrogênio sobre o crescimento e desenvolvimento da mamoneira. In: Congresso Brasileiro de Mamona – Cenário Atual e Perspectivas, 2, 2004. Aracaju. Anais... Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. 5p.
- Alves, W.W.A. Fertilização com água residuária na cultura do algodão de fibra marrom. Campina Grande: UFCG, 2006. 191p. Tese Doutorado
- APHA – American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20.ed. New York: APHA, AWWA, WPCR, 1997. 1194p.
- Ayers, R. S.; Westcot, D. W. A qualidade da água na agricultura. Campina Grande: UFPB, 1999. 218p. Estudos FAO. Irrigação e Drenagem, 29
- Barros Júnior, G. Efeito do conteúdo de água do solo, monitorado com TDR, sobre o desenvolvimento e produção de duas cultivares de mamona. Campina Grande: UFCG, 2007. 153p. Tese Doutorado
- Barros Júnior, G.; Guerra, H. O. C.; Cavalcanti, M. L. F.; Lacerda, R. D. Consumo de água e eficiência do uso para duas cultivares de mamona submetidas a estresse hídrico. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.12, n.4, p.350-355, 2008.
- Barros Júnior, G.; Guerra, H. O. C.; Lacerda, R. D.; Cavalcanti, M. L. F. Análise de crescimento da mamoneira submetida ao estresse hídrico. In: Congresso Brasileiro de Mamona - Energia e Sustentabilidade, 1, 2004. Anais... Campina Grande: Embrapa Algodão. 2004. 5p.
- Bastos, R. K. X. (coord.) Utilização de esgotos tratados em fertirrigação, hidroponia e piscicultura. PROSAB. Rio de Janeiro: ABES, RiMa. 2003. 267p.

- Benincasa, M. M. P. Análise de crescimento de plantas. Jaboticabal, FUNEP, 2003. 41p.
- Bezerra, L.J.D.; Lima, V.L.A.; Andrade, A.R.S. de; Alves, V.W.; Azevedo, C.A.V. de; Guerra, H.O.C. Análise de crescimento do algodão colorido sob os efeitos da aplicação de água residuária e biossólidos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, PB. v.9, (Suplemento), p.333-338, 2005.
- Carvalho, B. C. L. Manual do cultivo da mamona. Salvador: EBDA, 2005. 65p.
- Duarte, A. S. Reuso de água residuária tratada na irrigação da cultura do pimentão (*Capsicum annuum* L.). Piracicaba: ESALQ/USP, 2007. 187p.
- Epstein, E.; Bloom, A.J. Nutrição mineral de plantas: Princípios e perspectivas. Londrina: Planta, 2006. 403p.
- Fageria, N. K. Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas. Brasília: Embrapa/DPU, 1989. 425p. Documento, 18.
- Feigin, A.; Ravina, I.; Shalhevet, J. Irrigation with treated sewage effluent. *Advanced Series in Agricultural Science*, v.17, 1991. 216p.
- Fidelis Filho, J.; Nóbrega, J.Q.; Sousa, J.T. de; Dantas, J.P. Comparação dos efeitos de água residuária e de poço no crescimento e desenvolvimento do algodoeiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, PB. v.9, (Suplemento), p.328-332, 2005.
- Hespanhol, I. Potencial de reúso de água no Brasil - agricultura, indústria, municípios e recarga de aquíferos. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. Porto Alegre, v.7, p.75-95, 2002.
- Lacerda, R. D. de. Resposta da mamoneira BRS 188 - Paraguaçu a diferentes níveis de água e matéria orgânica no solo. Campina Grande: UFCG, 2006. 70p. Dissertação Mestrado
- Lima, R. L. S.; Severino, L. S.; Silva, M. I. L.; Vale, L. S.; Beltrão, N. E. de M. Crescimento inicial de mudas de mamoneira em substrato contendo lodo de esgoto e casca de amendoim. *Revista de Oleaginosas e Fibrosas*, v.9, n.1/3, p.887-891, 2005.
- Malavolta, E. Nutri-fatos: Informação agrônômica sobre nutrientes para as culturas. Arquivo do Agrônomo. Piracicaba: Potafos, 1996. n.10, 13p.
- Mancuso, P. S.; Santos, H. F. Reúso de água. Barueri: Manole, 2003. 155p.
- Marques, M. O.; Nogueira, T. A. R.; Fonseca, I. M.; Marques, T. A. Metais pesados em solo tratado com lodo de esgoto e cultivado com cana-de-açúcar. *Colloquium Agrariae*, v.2, n.1, p.46-56, 2006.
- Medeiros, S.S.; Soares, A. A.; Ferreira, P. A.; Neves, J. C. L.; Matos, A. T.; Souza, J. A. A. Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: Estudo das alterações químicas do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.9, n.4, p.603-612, 2005.
- Medeiros, S. S.; Soares, F. A. L.; Gheyi, H. R.; Fernandes, P. D. Uso de água residuária de origem urbana no cultivo de gérberas: efeito nos componentes de produção. *Eng. Agríc., Jaboticabal*, v.27, n.2, p.569-578, maio/ago. 2007.
- Nascimento, M. B. H. do; Lima, V.L.A. de; Beltrão, N.E. de M.; Souza, A.P. Utilização de água residuária e biossólido na cultura da mamona: Crescimento e desenvolvimento. In: Congresso Brasileiro de Mamona - Energia e Sustentabilidade, 1, 2004. Anais... Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004a. 5p.
- Nascimento, M.B.H.; Lima, V.L.A.; Beltrão, N.E. de M.; Souza, A.P. Utilização de água residuária e biossólido na cultura da mamona: Componentes de produção. In: Congresso Brasileiro de Mamona - Energia e Sustentabilidade, 1, 2004. Anais... Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004b. 6p.
- Nogueira, R. A. T.; Sampaio, R. A.; Soares, F. C.; Machado, F. I. Produtividade de milho e de feijão consorciados adubados com diferentes formas de lodo de esgoto. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, v.6, n.1, p.122-131, 2006.
- Novais, R. F.; Neves, J. C. L.; Barros, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: Oliveira, A. J. de; Garrido, W. E.; Araújo, J. D.; Lourenço, S. (coord.). Métodos de pesquisa em fertilidade do solo. Brasília: Embrapa. 1991. cap.2, p189-198. Embrapa SEA. Documento, 3.
- Pedrosa, J. P.; Beltrão, N. E. de M.; Haandel, A. C. van; Gouveia, J. P. G. Doses crescentes de biossólido e seus efeitos na produção e componentes do algodoeiro herbáceo. *Revista de Biologia e Ciência da Terra*, v.5, n.2, p.2-5, 2005.
- Pescod, M. B. Wastewater treatment and reuse in agriculture. Rome: FAO 1992, 125. Irrigation and Drainage Paper, 47.
- Richards, L. A. Diagnostico y rehabilitación de suelos salinos e sodicos. United States Department of Agriculture (USDA), México, D.F. 1977. 172p.
- Santos, A. C. M.; Ferreira, G. B.; Xavier, R. M.; Ferreira, M. M. M.; Severino, L. S.; Beltrão, N. E. de M. Deficiência de nitrogênio na mamona (*Ricinus communis*): Descrição e efeito sobre o crescimento e a produção da cultura. In: Congresso Brasileiro de Mamona - Energia e Sustentabilidade, 1, 2004. Anais... Campina Grande: Embrapa Algodão. 2004a. 7p.
- Santos, A. C. M.; Ferreira, G. B.; Xavier, R. M.; Ferreira, M. M. M.; Severino, L. S.; Beltrão, N. E. de M. Deficiência de nitrogênio na mamona (*Ricinus communis*): descrição e efeito sobre o crescimento e a produção da cultura. In: Congresso Brasileiro de Mamona - Energia e Sustentabilidade, 1, 2004. Anais... Campina Grande: Embrapa Algodão. 2004b. 7p.
- Santos, J. W. dos; Moreira, J. A. N.; Beltrão, N. E. de M. Avaliação do emprego dos testes de comparação de médias na revista Pesquisa Agropecuária Brasileira (PAB) de 1980 a 1994. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.33, n.3, p. 225-230, 1998.
- Silva, A. F.; Anjos, J. B.; Drumond, M. A.; Milane, M.; Nóbrega, M.B.M.; Suassuna, T.M.F. Avaliação preliminar de cultivares de mamona em condições semi-áridas do Nordeste do Brasil. In: Congresso Brasileiro de Mamona - Energia e Sustentabilidade, 1, 2004. Anais... Campina Grande: Embrapa Algodão. 2004. 4p.
- Sofiatti, V.; Lima, R. L. S.; Goldfarb, M.; Beltrão, N. E. de M. Cinza de madeira e lodo de esgoto como fonte de nutrientes para o crescimento do algodoeiro. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, v.7, n.1, p.144-152, 2007.
- Souto, L. S.; Silva, L. M.; Lobo, T. F.; Fernandes, D. M.; Lacerda, N.B. Níveis e formas de aplicação de lodo de esgoto na nutrição e crescimento inicial da mamoneira. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.9, p.274-277, 2005.

- Souza, J.A.; Souza, J.A.A. de; Soares, A.A.; Melo, J.C. de; Me-deiros, S. de S.; Carreiro Neto, R. Pegamento de chumbinhos do cafeeiro sob fertirrigação com água residuária de origem urbana. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.9 (Suplemento), p.160-163, 2005.
- Vieira, R. F.; Cardoso, A. A. Variações nos teores de nitrogênio mineral em solo suplementado com lodo de esgoto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.38, n.7, p.867-874, 2003.
- Wendt, C. W. Use of a relationship between leaf length and leaf area to estimate the leaf area of cotton (*Gossypium hirsutum* L.), castors (*Ricinus communis* L.), and sorghum (*Sorghum vulgare* L.). *Agronomy Journal*, v. 59, p.484-486, 1967.
- Xavier, J. F. Águas residuárias provenientes de indústrias e seus efeitos no crescimento e desenvolvimento da mamoneira BRS Nordestina. Campina Grande: UFCG, 2007. 101p. Dissertação Mestrado