

Níveis de adubação no cultivo de melancia irrigado com esgoto

Fertilization levels on watermelon cultivation irrigated with sewage

- **Data de entrada:**
03/09/2015
- **Data de aprovação:**
14/09/2016

Edécio José de Souza Filho | Sávía Gavazza | Lourdinha Florencio | Mario Takayuki Kato

DOI: 10.4322/dae.2016.037

Resumo

Avaliou-se o uso de esgoto tratado em reator anaeróbico para irrigação por gotejamento, combinado com diferentes níveis de adubação química, no cultivo de melancia em região semiárida. Foram estudados quatro tratamentos, com 0%, 25%, 50% e 100% da adubação química recomendada. As médias de produtividade de todos os tratamentos variaram de 43,3 t/ha a 53,7 t/ha, sendo maior que a média no país (22,5 t/ha). Os frutos mais pesados e maiores foram obtidos nos tratamentos com 25% e 50% da adubação recomendada, mas não houve diferença significativa em relação ao tratamento com 0%. Portanto, a utilização de esgoto tratado sem adubação é a forma recomendada para a cultura da melancia. As características de alta produtividade (43,3 t/ha) e de sólidos solúveis (6,63 °Brix) indicam atratividade econômica e fruto doce, com potencial de boa aceitação comercial.

Palavras-chave: Gotejamento. Produtividade. Reúso da água.

Abstract

The use of sewage treated in anaerobic reactor for drip irrigation, combined with different levels of chemical fertilization in the cultivation of watermelon in a semiarid region, was evaluated. Four treatments, with 0%, 25%, 50% and 100% of the recommended chemical fertilization, were used. The yield in the treatments ranged from 43.3 to 53.7 ton/ha, being higher than the average productivity in the country (22.5 ton/ha). The heaviest and biggest fruits were obtained with the treatments of 25% and 50%, but there was no significant difference compared to the treatment with 0%. Therefore, the use of treated sewage without chemical fertilization is recommended as the best for the watermelon culture. The high productivity (43.3 ton/ha) and dissolved solids (6.63 °Brix) indicate it as economically attractive and resulting in a sweet fruit with expected good commercial acceptance.

Keywords: Drip irrigation. Productivity. Water reuse.

Edécio José de Souza Filho – Graduado em Engenharia Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal Rural de Pernambuco e mestre em Engenharia Civil (Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). E-mail: edecio.souza@yahoo.com.br

Sávía Gavazza – Graduada em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Alagoas e doutora em Engenharia Civil (Hidráulica e Saneamento) pela Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo (USP). Professora associada da UFPE. E-mail: savia@ufpe.br

Lourdinha Florencio – Graduada em Engenharia Civil pela UFPE, mestre em Engenharia Civil (Hidráulica e Saneamento) pela Escola de Engenharia de São Carlos, USP, e doutora em Tecnologia Ambiental e Ciências da Agricultura pela Universidade de Wageningen, Holanda. Professora titular da UFPE. E-mail: flor@ufpe.br

Mario Takayuki Kato* – Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Paraná, mestre em Engenharia Civil (Hidráulica e Saneamento) pela Escola de Engenharia de São Carlos, USP, e doutor em Tecnologia Ambiental e Ciências da Agricultura pela Universidade de Wageningen, Holanda. Professor titular da UFPE. Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Engenharia Civil, Laboratório de Saneamento Ambiental.

***Endereço para Correspondência:** Av. Acadêmico Hélio Ramos, s/n. Cidade Universitária. CEP: 50740-530 Recife-PE. Tel.: 81 2126 8228. Fax: 81 2126 8716 E-mail: kato@ufpe.br

1 INTRODUÇÃO

As preocupações relacionadas com a quantidade e qualidade da água doce são crescentes, por causa de fatores como o aumento da demanda doméstica, industrial e agrícola, a poluição das águas, o progresso econômico, o uso intensivo e extensivo da terra e as mudanças climáticas. Consequentemente, sua disponibilidade para o futuro torna-se incerta (DAVIES; SIMONOVIC, 2011).

O reúso da água é uma prática que tanto reduz a quantidade de esgoto despejado nos corpos de água, quanto contribui para a redução do consumo da água de melhor qualidade, deixando-a para fins mais nobres. Ainda, a aplicação de efluentes ao solo é uma forma efetiva de controle da poluição e também uma alternativa viável para aumentar a disponibilidade hídrica em regiões áridas e semiáridas. Os maiores benefícios dessa forma de reúso estão associados aos aspectos econômicos, ambientais e de saúde pública (HESPANHOL, 2003).

A utilização do esgoto na agricultura é uma técnica atrativa, uma vez que o efluente contém alguns componentes minerais e orgânicos importantes para o desenvolvimento e até para a proteção das plantas (MALAVOLTA, 2006; MENDES et al., 2010; BARROS et al., 2012). Silva et al. (2015) empregaram o efluente de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), composta por reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo (UASB) e lagoa de polimento, na irrigação de mudas de eucalipto e concluíram que os resultados de crescimento foram viáveis agronomicamente. Por sua vez, Barros et al. (2012) irrigaram milho com efluente da mesma ETE e observaram que as plantas apresentaram os melhores parâmetros de crescimento, bem como as menores ocorrências de ataques por nematoides.

No entanto, de acordo com suas características, os esgotos sanitários podem conter organismos patogênicos em concentrações elevadas, possibilitando risco à saúde em práticas de reúso (BASTOS et al., 2008). O uso de esgoto pode ser

dificultado também quando a irrigação é por gotejamento, devido aos possíveis entupimentos causados pela elevada concentração de sólidos (CHANDRAKANTH et al., 1988). De acordo com Batista et al. (2011), a formação de um filme com sólidos suspensos e bactérias é a principal causa de obstrução dos gotejadores. Já Bucks et al. (1979) afirmam que valores acima de 100 mg/L de sólidos suspensos caracterizam um risco severo de entupimento de gotejadores.

A melancia (*Citrullus lanatus*) é uma planta originária das regiões tropicais da África Equatorial; no Brasil, é considerada uma das mais importantes olerícolas produzidas e comercializadas (ANDRADE JÚNIOR et al., 2007). Seu ponto de colheita é entre 70 e 75 dias após o plantio, mas, no Nordeste brasileiro, esse tempo é um pouco mais reduzido, devido às altas temperaturas, sendo realizada após 65 a 75 dias do plantio (DIAS; LIMA, 2010). Sendo uma espécie própria do clima tropical, pouco tolerante ao frio intenso (MAROUELLI et al., 2012), seu cultivo em áreas áridas e semiáridas do Nordeste é algo comum e uma fonte de renda para muitos agricultores. No entanto, a pouca incidência de chuvas nessas regiões afeta a produção, aumentando os custos, devido à necessidade de irrigação, realizada, em geral, com água superficial.

A irrigação é uma prática vantajosa na produção de melancia, possibilitando aumento na produtividade e obtenção de frutos de melhor qualidade, além de viabilizar a produção na entressafra, quando os preços são mais atrativos ao produtor (MAROUELLI et al., 2012). Para obter um maior rendimento do plantio, é recomendada a adição de nutrientes, realizada pela aplicação de adubo químico, tanto no solo quanto na água de irrigação. A adubação recomendada é função da quantidade de nutrientes presentes no solo, em especial, nitrogênio, fósforo e potássio (NPK). Essa nutrição mineral contribui diretamente na produtividade e na qualidade dos frutos de melancia. O nitrogênio e o potássio são os nutrientes mais exi-

gidos e devem ser aplicados de forma e em quantidade adequada e na época correta (GRANGEIRO; CECÍLIO FILHO, 2004).

NPK são nutrientes normalmente presentes em esgotos domésticos, porém as quantidades nem sempre são suficientes para o cultivo da melancia com alta produtividade, sendo ainda necessária a adubação química adicional em níveis adequados. Para calcular a quantidade demandada de fertilizantes na irrigação com esgotos, é preciso o conhecimento prévio da sua concentração no solo. A reposição de nitrogênio é fundamental, mas geralmente sua determinação não é realizada para a indicação da fertilidade do solo. Por outro lado, a concentração desses três nutrientes nos esgotos varia de acordo com o clima, hora, lugar e dia da semana.

Portanto, os objetivos deste trabalho foram: (i) estudar os diferentes níveis de adubação química na produção e qualidade da melancia irrigada por gotejamento com esgoto doméstico tratado em reator anaeróbio; (ii) avaliar a influência do uso da irrigação com efluente no solo. Os resultados podem orientar os produtores de melancia do semiárido a desenvolver uma estratégia de adubação, em que possa ser viável o uso de esgoto para aumentar a lucratividade e diminuir os custos com fertilizantes.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento teve duração de 66 dias e foi conduzido no período de setembro a novembro de 2012, na cidade de Petrolândia (PE). O clima da região é semiárido e a vegetação predominante é a caatinga hiperxerófila (IBGE, 2010). O efluente

utilizado na irrigação foi oriundo de uma pequena ETE da cidade, composta por caixa de areia vertical, reator UASB, tanque de sedimentação/filtração e tanque de equalização/armazenamento. O reator UASB tinha volume de 50 m³ e a vazão média afluyente era de 1,83 L/s, resultando em tempo de detenção hidráulica de 7,6 horas. O efluente, antes de ser usado na irrigação, passou por filtros de discos.

Amostras do afluyente e efluente da ETE (após os filtros de discos) foram coletadas e analisadas de acordo com os procedimentos descritos nos *Standards methods* (APHA; AWWA; WEF, 2012). Os parâmetros avaliados foram: condutividade elétrica, Demanda Química de Oxigênio (DQO), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK), nitrogênio amoniacal, fósforo, potássio, sulfato, cloretos, sódio, Razão de Adsorção de Sódio (RAS), ovos de helmintos, coliformes fecais, dureza de cálcio e dureza de magnésio. No efluente, foi determinada adicionalmente a presença de alguns metais: cádmio, cromo, cobre, chumbo, níquel, zinco, ferro e manganês. A quantificação dos metais foi realizada utilizando um espectrômetro de absorção atômica com chama (Varian, modelo AA 240FS).

O experimento foi conduzido dentro de uma área de demonstração de reúso de 2 ha, próxima da ETE e implantada em 2007. O tipo de solo era neossolo quartzarênico, sendo homogêneo em toda a área (SILVA et al., 2001); suas características físicas são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Características físicas do solo (número de amostras n=12).

Parâmetro	Areia total (%)	Areia grossa (%)	Areia fina (%)	Silte (%)	Argila (%)
Média	94,25	51,54	42,71	0,17	5,58
Desvio padrão	0,68	3,51	2,95	0,34	0,35

O cultivo das melancias foi realizado dentro dessa área de demonstração, mas ocupando somente 1.680 m² (60 x 28 m). A irrigação foi do tipo localizada, utilizando gotejadores de fluxo turbulento (Amanco FT), com vazão de 8 L/h. Os testes de uniformidade de lâmina de irrigação foram realizados diariamente e a limpeza dos gotejadores, três vezes por semana. O espaçamento utilizado foi de 2,33 m entre linhas e 0,50 m entre plantas e o cultivo das melancias foi realizado em consórcio com o de manga existente (Figura 1). O sistema de irrigação era composto por uma bomba (7,5 CV) e tubulações de policloreto de polivinila (PVC) de 100 mm para adução e distribuição para toda a área de demonstração, além de mangueiras de polietileno (PN20) de 16 mm, que alimentavam os gotejadores.



Figura 1 – Área do experimento das melancias, em consórcio com o cultivo de manga existente.

A área experimental foi dividida em 12 parcelas iguais de 20 x 7 m, com delineamento experimental por blocos casualizados, com quatro tratamentos e três repetições cada (Figura 2). Os tratamentos e as respectivas repetições foram distribuídos aleatoriamente nas 12 parcelas experimentais, sendo delineados de acordo com o nível de adubação recomendado para o cultivo da melancia (IPA, 1998) (Tabela 2). Adicionalmente,

foram implantadas duas linhas de cultivo de melancia nas laterais de cada parcela, servindo como bordadura para evitar o efeito da competição entre as parcelas, seguindo a recomendação de Fehr (1987).

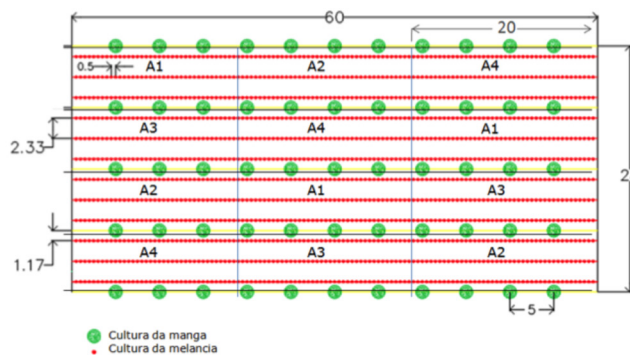


Figura 2 – Área experimental para o cultivo de melancia. **Notas:** Tratamento A1 (0%) – irrigação somente com efluente. Tratamento A2 (25%) – efluente + 25% de adubação química recomendada. Tratamento A3 (50%) – efluente + 50% de adubação química recomendada. Tratamento A4 (100%) – efluente + 100% de adubação química recomendada.

Tabela 2 – Recomendação de adubação para melancia em Pernambuco.

Teor presente no solo	Adubação no plantio	Adubação de cobertura
Nitrogênio	(kg N/ha)	(kg N/ha)
DNE	30	90
Fósforo (mg P/dm³)	(kg P₂O₅/ha)	(kg P₂O₅/ha)
< 6	120	-
6-12	90	-
13-25	60	-
> 25	30	-
Potássio (cmol_c K/dm³)	(kg K₂O/ha)	(kg K₂O/ha)
< 0,08	30	90
0,08-0,15	30	60
0,16-0,30	30	30
> 30	-	30

Fonte: Adaptado de IPA (1998).

Nota: DNE = determinação não exigida.

A lâmina líquida de irrigação foi calculada pelo método evaporimétrico do Tanque Classe A (TCA), por meio da evapotranspiração de referência, de acordo com Doorenbos e Pruitt (1977), e ajustado pelo coeficiente da cultura (Equação 1).

$$ET_c = ET_{0(TCA)} \cdot K_c \quad (1)$$

Em que:

ET_c = evapotranspiração da cultura (mm/dia).

$ET_{0(TCA)}$ = evapotranspiração de referência, método TCA (mm/dia).

K_c = coeficiente da cultura (melancia).

O coeficiente da cultura variou de acordo com o estágio da cultura da melancia: 0,5 no estágio 1 (da emergência até 10% do desenvolvimento); 0,8 no estágio 2 (de 10% do desenvolvimento até o início do florescimento); 1,0 no estágio 3 (do fim do estágio 2 até o início da maturação dos frutos); e 0,75 no estágio 4 (do fim do estágio 3 até a colheita), seguindo as recomendações de Doorenbos e Kassam (1979). Na ocorrência de precipitação, esta foi subtraída do valor da evapotranspiração da cultura.

Para a determinação da evapotranspiração de referência no TCA, foi utilizada a Equação 2.

$$ET_0 = Ev \cdot K_p \quad (2)$$

Em que:

Ev = evaporação medida no TCA (mm/dia).

K_p = coeficiente do TCA.

O coeficiente da cultura foi de 0,65, de acordo com Allen et al. (1998), obtido pelos resultados de umidade relativa do ar (UR) (45%) e velocidade média do vento (8 m/s), ambos medidos na miniestação meteorológica existente.

Para encontrar a Lâmina Bruta de Irrigação (LBI) para o sistema de irrigação utilizado, foi necessário, primeiramente, o cálculo da evapotranspiração na área irrigada por gotejamento (ET_g , mm/dia), pela Equação 3.

$$ET_g = ET_c \cdot P/100 \quad (3)$$

Em que:

P = percentagem de área média molhada por planta, tendo-se adotado o valor de 40%, que é o utilizado para cultivos hortícolas no semiárido (MAROUELLI et al., 2012).

A Equação 4 foi utilizada para calcular a LBI (mm/dia).

$$LBI = ET_g / E_i \quad (4)$$

Em que:

E_i = eficiência de irrigação, cujo valor foi de 90%, seguindo as recomendações de Marouelli et al. (2012).

Os resultados para a LBI são apresentados na Figura 3.

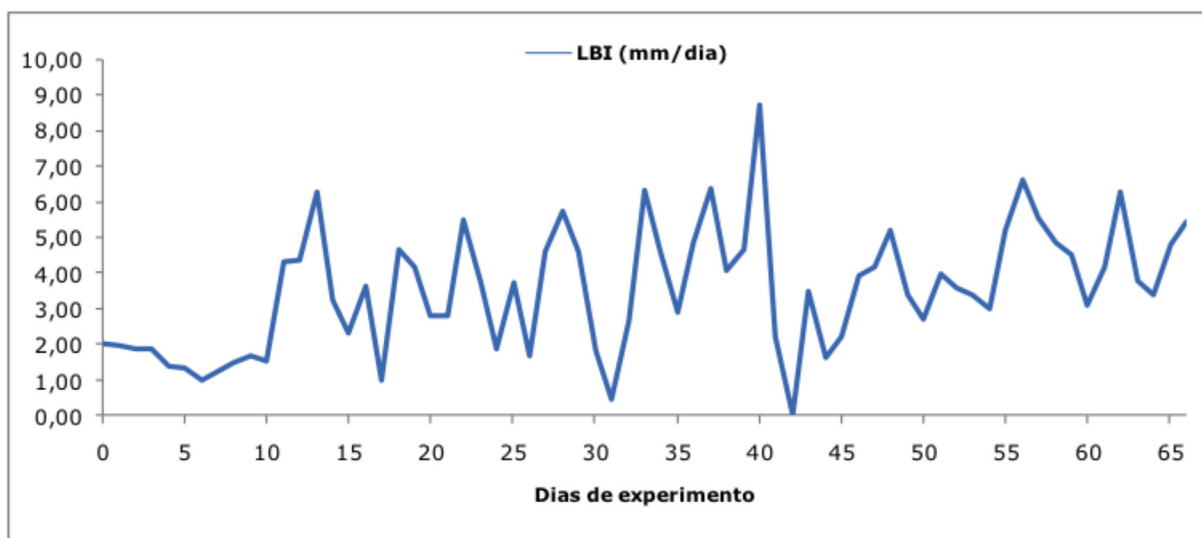


Figura 3 – Lâmina Bruta de Irrigação utilizada no experimento.

De acordo com os resultados obtidos nas análises de solo na área experimental (fósforo de 10 mg P/dm³ e potássio de 0,172 cmol_c K/dm³) e seguindo a recomendação do Instituto de Pesquisas Agropecuárias (IPA, 1998), foi determinada a quantidade de NPK necessária na adubação (Tabela 3).

Tabela 3 – Quantidade de fertilizantes necessária, de acordo com as análises do solo na área experimental e recomendações do IPA (1998).

Nutriente	Adubação no plantio	Adubação de cobertura (aos 20 e 40 dias após o plantio)
Nitrogênio (kg N/ha)	30	90
Fósforo (kg P ₂ O ₅ /ha)	90	-
Potássio (kg K ₂ O/ha)	30	30

Os fertilizantes comerciais utilizados foram cloreto de potássio, sulfato de amônio e superfosfato simples, os quais foram adicionados no solo da área experimental em duas etapas e de acordo com as recomendações do IPA (1998) e Mendes et al. (2010): (i) única adubação com NPK no momento do plantio, realizada em uma cova feita com aproximadamente 20 cm de profundidade; (ii) adubação de cobertura com nitrogênio e po-

tássio aos 20 e 40 dias após o plantio, realizada em pequenas covas de aproximadamente 2 cm e cobertas com terra.

Amostras de solo foram coletadas e analisadas antes e no fim do período experimental do cultivo, com a finalidade de verificar a influência do uso do esgoto na irrigação e dos diferentes níveis de adubação no solo. Os parâmetros foram avaliados de acordo com o manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 1999), tendo sido determinados: pH, cobre, ferro, potássio e fósforo. As amostras foram coletadas na região do bulbo úmido, nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm. A colheita dos frutos foi realizada quando do ressecamento da primeira gavinha. Os frutos foram pesados numa balança digital comercial (Filizola, modelo BP15), com três casas decimais. As medições do diâmetro e espessura da casca foram feitas com o auxílio de uma trena e régua, respectivamente. Para determinação dos sólidos solúveis, foi utilizado um refratômetro (Atago, modelo Master-M). Os resultados dos frutos foram analisados de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Efluente

Os resultados obtidos nas análises do efluente encontram-se na Tabela 4. O efluente apresentou condutividade de 643 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e RAS de 3,06 (mmol_c/L)^{1/2}, valores que, segundo Ayers e Westcot (1976), ficaram próximos dos limites de risco de salinidade e toxidez por sódio (750 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 3,0 (mmol_c/L)^{1/2}, respectivamente). O valor de RAS, no entanto, ficou bem abaixo do máximo estabelecido pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2010), de 12 (mmol_c/L)^{1/2} para águas residuárias destinadas ao uso agrícola.

A concentração de coliformes fecais foi de 2,7 x 10⁶ CF/100 mL. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (WHO, 1989), essa concentração torna o efluente impróprio para a irrigação de culturas consumidas cruas. No entanto, o efluente mostrou-se adequado em relação aos helmintos, tendo em vista que nenhum ovo foi encontrado nas amostras coletadas.

O valor médio de Sólidos Suspensos Totais (SST) foi de 132 mg/L. De acordo com Bucks et al. (1979), efluentes com SST maiores que 100 mg/L oferecem risco severo de entupimento dos gotejadores. Durante o período experimental, para evitar ou amenizar a necessidade de desentupimento, as limpezas foram realizadas com a frequência de três vezes por semana.

Valores obtidos nas análises de metais no afluente e efluente encontram-se na Tabela 5, assim como os valores máximos sugeridos pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA, 2012). Pelas concentrações encontradas, os metais determinados no efluente não oferecem riscos.

Tabela 4 – Valores médios das medidas e concentrações dos principais parâmetros físico-químicos e microbiológicos do efluente tratado durante o período experimental de 66 dias.

Parâmetro	Unidade	Valor médio	n
Condutividade elétrica	$\mu\text{S}/\text{cm}$	643,0 \pm 94,3	15
DQO	mg O ₂ /L	150,4 \pm 37,7	15
DBO	mg O ₂ /L	65,1 \pm 19,3	15
N-NTK	mg/L	45,3 \pm 12,2	15
N-NH ₄ ⁺	mg/L	31,1 \pm 14,0	15
P-PO ₄ ⁻³	mg/L	5,2 \pm 1,1	15
Potássio	mg/L	15,0 \pm 1,6	15
S-SO ₄ ⁻²	mg/L	56,4 \pm 13,3	15
Cloro	mg/L	81,0 \pm 38,7	15
Sódio	mg/L	65,0 \pm 13,6	15
Dureza de cálcio	mg CaCO ₃ /L	36,08 \pm 14,6	15
Dureza de magnésio	mg CaCO ₃ /L	48,0 \pm 17,0	15
RAS	(mmol_c/L) ^{1/2}	3,06	-
Ovos de helmintos	nº ovos viáveis/L	0	6
Coliformes fecais	CF/100 mL	2,7 . 10 ⁶	6
Cobre	mg/L	0,08	2
Zinco	mg/L	1,25	2
Ferro	mg/L	2,20	2
Sólidos totais	mg/L	440 \pm 181	6
Sólidos totais fixos	mg/L	224 \pm 98	6
Sólidos totais voláteis	mg/L	216 \pm 109	6
Sólidos suspensos totais	mg/L	132 \pm 74	6
Sólidos suspensos fixos	mg/L	36 \pm 20	6
Sólidos suspensos voláteis	mg/L	96 \pm 61	6
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	308 \pm 149	6
Sólidos dissolvidos fixos	mg/L	188 \pm 103	6
Sólidos dissolvidos voláteis	mg/L	120 \pm 61	6

Tabela 5 – Valores médios (n = 3) das concentrações dos metais (mg/L) encontrados no afluente e efluente tratado durante o período experimental de 66 dias (mg/L).

Metal	Cádmio	Cromo	Cobre	Chumbo	Níquel	Zinco	Ferro	Manganês
Afluente	ND	ND	0,16	ND	ND	1,20	2,40	0,12
Efluente	ND	ND	0,08	ND	ND	1,25	2,20	ND
Máximo recomendado pela EPA (2012)	0,01	0,10	0,20	5,00	0,20	2,00	5,00	0,20
Limite de detecção	0,005	0,13	0,005	0,13	0,11	0,005	0,13	0,0051

Nota: ND = não detectado.

Solo

Os resultados da caracterização do solo para ambas as camadas encontram-se na Tabela 6. De acordo com Mendes et al. (2010), o cultivo da melancia desenvolve-se satisfatoriamente em solos com pH entre 5,5 e 6,8. Nessa faixa, não há necessi-

dade da realização de calagem, sendo o conceito válido para a camada de 0-20 cm do solo. Os valores médios de pH antes do plantio encontraram-se bem próximos ou dentro daquela faixa para a camada de 0-20 cm do solo, praticamente para todos os tratamentos.

Tabela 6 – Características médias (n = 6) do solo antes e após o fim do cultivo nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm de profundidade.

Tratamento	Camada (cm)	pH		Potássio (cmol _c /dm ³)		Fósforo (mg/dm ³)		Cobre (mg/dm ³)		Ferro (mg/dm ³)	
		I	F	I	F	I	F	I	F	I	F
A1 (0%)	0-20	6,53 (0,21)	5,90 (0,33)	0,19 (0,03)	0,18 (0,05)	12,00 (6,08)	14,67 (12,94)	0,43 (0,21)	0,60 (0,18)	13,27 (2,25)	21,40 (4,40)
	20-40	6,20 (0,17)	6,10 (0,24)	0,14 (0,02)	0,16 (0,03)	4,33 (1,53)	8,00 (1,73)	0,55 (0,07)	0,70 (0,12)	14,20 (1,00)	24,60 (3,08)
A2 (25%)	0-20	6,10 (0,72)	6,23 (0,34)	0,17 (0,05)	0,17 (0,03)	8,33 (4,93)	19,67 (12,50)	0,43 (0,21)	0,80 (0,59)	19,67 (1,17)	22,40 (1,93)
	20-40	6,30 (0,79)	5,97 (0,85)	0,13 (0,04)	0,19 (0,04)	3,33 (2,31)	24,00 (7,07)	0,47 (0,42)	0,90 (0,20)	17,90 (1,60)	23,60 (2,75)
A3 (50%)	0-20	6,83 (0,70)	6,10 (0,24)	0,17 (0,05)	0,20 (0,01)	23,00 (15,72)	37,00 (2,22)	0,67 (0,23)	1,60 (0,16)	18,10 (2,25)	25,10 (0,41)
	20-40	6,77 (0,85)	5,90 (0,82)	0,15 (0,02)	0,21 (0,04)	9,67 (8,14)	32,00 (13,00)	0,63 (0,23)	1,00 (0,26)	19,80 (4,85)	23,10 (4,29)
A4 (100%)	0-20	6,97 (0,83)	6,19 (0,68)	0,24 (0,06)	0,20 (0,05)	14,00 (5,20)	33,30 (4,24)	0,57 (0,42)	1,20 (0,34)	19,80 (2,42)	23,60 (1,98)
	20-40	7,27 (1,00)	6,52 (0,82)	0,19 (0,03)	0,21 (0,02)	6,00 (3,61)	26,33 (2,94)	0,77 (0,29)	1,19 (0,24)	20,00 (1,06)	22,90 (0,86)

Notas: I = inicial (antes do plantio). F = final (após o plantio). Desvio padrão: valores entre parênteses.

Os resultados dos nutrientes do solo em ambas as camadas e em todos os tratamentos (Tabela 6), antes do plantio e após o fim do experimento, mostraram que as quantidades de potássio praticamente não se alteraram ou tiveram um pequeno aumento; entretanto, no caso do fósforo, houve um aumento bem perceptível. A capacidade de troca catiônica do solo, a textura arenosa e os diferentes níveis de mobilidade do potássio e do fósforo podem justificar aquelas diferenças pequenas e maiores, respectivamente.

Foi verificado, também, um acúmulo da quantidade de cobre e, em especial, de ferro no solo no fim do plantio em ambas as camadas, em todos os tratamentos. Uma explicação seria a quantidade significativa de ferro presente no efluente irrigado (2,20 mg/L).

Fruto

Na Tabela 7, estão apresentados os valores médios das características dos frutos colhidos. No tocante ao diâmetro, nos tratamentos A2 (25%) e A3 (50%), foram obtidos frutos maiores, mas sem diferença significativa entre ambos. Nos tratamentos A1 (0%) e A4 (100%), os respectivos

diâmetros médios foram menores e também sem diferença significativa entre ambos. Entretanto, comparando com os diâmetros dos tratamentos A2 e A3, as diferenças foram significativas. Portanto, considerando o maior tamanho e o menor uso de fertilizantes, o tratamento A2 (25%) foi o mais atrativo.

Com relação aos valores de peso obtidos nos frutos do plantio, ocorreu diferença significativa entre os tratamentos A1 (0%) e A3 (50%), cujos valores médios foram de 5,15 kg e 6,27 kg, respectivamente. Os maiores pesos médios obtidos com diferentes níveis de adubação foram nos tratamentos A2 (25%) e A3 (50%) – 6,01 kg e 6,27 kg, respectivamente. Como estatisticamente não houve diferença significativa entre os tratamentos A1 (0%) e A2 (25%), o primeiro mostrou-se mais atrativo devido à maior economia com adubo.

No tocante aos valores de sólidos solúveis, os melhores resultados foram obtidos nos tratamentos A1 (0%), A2 (25%) e A4 (100%), não havendo diferença significativa entre eles (6,57 a 6,70 °Brix). Portanto, nesse aspecto, mesmo sem adubação, o

Tabela 7 – Valores médios das características dos frutos colhidos.

Tratamento	Diâmetro (cm)	Peso (kg)	Sólidos solúveis (°Brix)	Espessura da casca (mm)
n	30	30	15	15
A1 (0%)	20,03b	5,154b	6,63ab	10,00 NS
	(2,01)	(1,387)	(1,30)	(0,82)
A2 (25%)	22,71a	6,011ab	6,70a	9,00 NS
	(1,26)	(0,577)	(1,28)	(0,89)
A3 (50%)	22,82a	6,266a	5,20b	9,00 NS
	(1,55)	(0,731)	(1,07)	(0,71)
A4 (100%)	20,7b	5,232ab	6,57ab	6,00 NS
	(1,40)	(0,433)	(1,24)	(0,76)

Notas: Médias com a mesma letra não diferiram pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). NS = diferença não significativa, de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade. Desvio padrão: valores entre parênteses.

tratamento A1 (0%) novamente obteve os valores mais atrativos.

O tratamento A4 apresentou menores valores de diâmetro em relação aos tratamentos A2 e A3, sem diferença significativa em relação a A1. Esse fato pode ter ocorrido devido ao excesso de nutrientes fornecidos ao tratamento. Segundo Silva e Trevizam (2015), altos teores de alguns nutrientes podem causar a inibição de outros compostos, por meio das interações iônicas. Em relação ao peso, não houve diferença significativa entre A4 e os demais tratamentos. No caso da espessura da casca, não houve diferenças significativas nos valores entre todos os tratamentos.

Quanto à produtividade, em todos os tratamentos, foram obtidos valores maiores que 43 t/ha (Figura 4). No entanto, nos tratamentos A2 (25%) e A3 (50%), obtiveram-se os maiores valores (50,9 t/ha e 53,7 t/ha, respectivamente), não havendo diferença significativa entre ambos, de acordo com o teste de Tukey a 5%. Os tratamentos A1 (0%) e A4 (100%) apresentaram valores de produ-

tividade de 43,3 t/ha e 44,5 t/ha, respectivamente, não havendo diferença significativa entre eles; como ambos também não apresentaram diferença significativa com o tratamento A2 (25%), o tratamento A1 tornou-se também o mais indicado, devido à economia com fertilizantes.

Erdem e Yuksel (2003) avaliaram o cultivo de melancia em região de clima semiárido na Turquia, com irrigação realizada com água de abastecimento com 100% da adubação recomendada, sistema por gotejamento e espaçamento entre as linhas de cultivo de 1,20 x 1,00 m. Os valores médios obtidos de peso por unidade, sólidos solúveis e espessura da casca foram de 6,2 kg, 9,4 °Brix e 14 mm, respectivamente. Os resultados de peso são similares aos encontrados neste estudo; no entanto, a maior espessura da casca indica menor massa de polpa por fruto, tornando-o menos atrativo para o consumo. Em contrapartida, os sólidos solúveis mostraram-se mais altos, indicando um fruto mais doce.

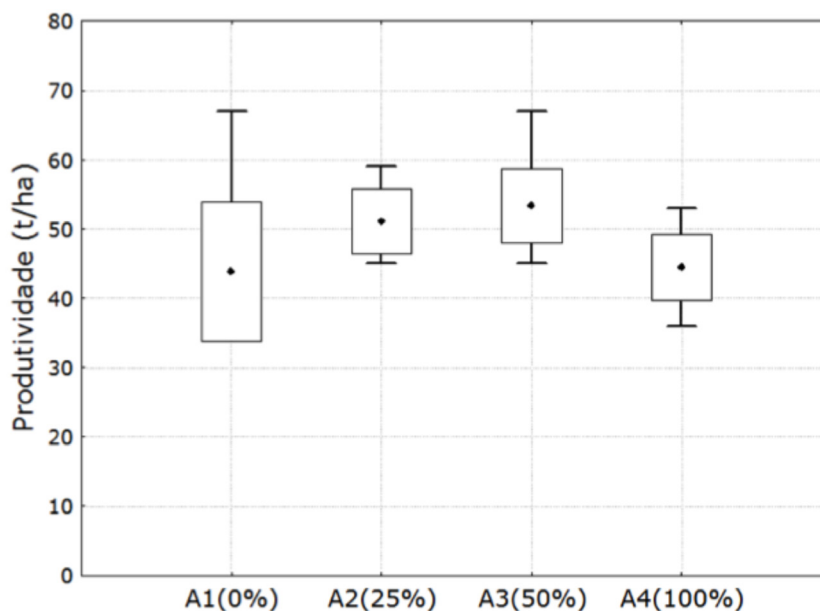


Figura 4 – Resultados de produtividade (t/ha) do plantio de melancia.

Feitosa et al. (2009) realizaram o plantio de melancia com efluente doméstico de lagoas de estabilização, utilizando irrigação por gotejamento e diferentes tratamentos (níveis de adubação química de 0%, 50% e 100%). Os valores médios obtidos de sólidos solúveis foram de 7,5, 9,5 e 7,9 °Brix, respectivamente. O tratamento com 50%, apresentando maiores valores de sólidos solúveis que de 100%, pode ser novamente explicado pela inibição causada pelas interações iônicas dos nutrientes em excesso do tratamento com 100% (SILVA; TREVIZAM, 2015). Os valores maiores, comparados com os deste trabalho, podem ser devidos à diferença climatológica das regiões de plantio e também à diferença de qualidade do efluente utilizado na irrigação.

Os valores de produtividade em todos os tratamentos deste estudo (> 43 t/ha) (Figura 5) foram maiores que a média no Brasil, que é de 22,5 t/ha (FAO, 2013). No estado de Pernambuco, a média é de 21,4 t/ha (IBGE, 2011) e, na região do semiárido pernambucano, é de 25,0 t/ha (CONDEPE/FIDEM, 2011). Esse fato pode ser explicado por causa do cálculo da média nacional e do estado de Pernambuco, uma vez que são considerados os cultivos em sequeiro, de baixa produtividade e as diferentes condições de plantio e climatológicas.

Rego et al. (2005) avaliaram diferentes níveis de adubação química na irrigação da melancia, utilizando efluente de lagoa de estabilização, e encontraram valores de produtividade menores – 16,3 t/ha quando irrigada sem adubação; 23,1 t/ha e 19,4 t/ha com 50% e 100% da adubação recomendada, respectivamente. Quando usaram água de abastecimento na irrigação, encontraram produtividade igual à da irrigação com esgoto sem adubação (16,3 t/ha). No entanto, o sistema de irrigação era por sulcos, o que deve ter influenciado a diferença, quando os resultados são comparados com os deste trabalho.

Xie et al. (2006), por sua vez, realizaram plantio de melancia em um solo arenoso, utilizando irrigação por gotejamento com água e espaçamento de 0,60 m entre linhas e 1 m entre as plantas, obtendo valores de produtividade variando entre 40,2 t/ha e 58,5 t/ha. Esses valores variaram direta e proporcionalmente com a quantidade de água irrigada, aproximando-se dos resultados obtidos neste trabalho, embora a qualidade da fonte hídrica seja distinta (água e esgoto).

4 CONCLUSÕES

A irrigação da melancia com esgoto doméstico tratado sem adubação (A1 – 0%) foi bastante atrativa, pois as características do fruto não apresentaram diferenças significativas em relação ao peso e aos sólidos solúveis dos tratamentos A2 (25%) e A4 (100%) e ambos não demonstraram diferença com o tratamento A3 (50%).

Os melhores valores de produtividade obtidos neste estudo (entre 50,9 t/ha e 53,7 t/ha) foram maiores que a média do Brasil (22,5 t/ha), de Pernambuco (21,4 t/ha) e do semiárido pernambucano (25,0 t/ha)

A utilização de esgoto tratado sem adubação é a forma recomendada para o uso de esgoto tratado para a cultura da melancia na região semiárida, por aliar as características de alta produtividade (43,3 t/ha), indicando atratividade econômica e sem gastos com fertilizantes químicos, e de sólidos solúveis (6,63 °Brix), apontando fruto doce, com potencial de boa aceitação comercial.

5 AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (Fapepe), pelo apoio financeiro para realização da pesquisa. À prefeitura de Petrolândia, por disponibilizar a área para experimentação e apoio para o desenvolvimento do trabalho na cidade. À Universidade Federal Rural de Pernambuco, pelas

análises de solos e disponibilização da estrutura da estação experimental de Carpina. Aos colegas da Universidade Federal de Pernambuco, Laboratório de Saneamento Ambiental, Laboratório de Engenharia Ambiental e Laboratório de Química, pelo apoio nas análises químicas.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration**. Rome: FAO, 1998. 299 p.
- ANDRADE JÚNIOR, A.S.; RODRIGUES, B.H.N.; ATHAYDE SOBRINHO, C.; BASTOS, E.A.; MELO, F.B.; CARDOSO, M.J.; SILVA, P.H.S.; DUARTE, R.L.R. **Coleção Plantar Melancia**. 2ª ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, v. 1, 2007. 85 p.
- APHA, AWWA, WEF. **Standard methods for examination of water and wastewater**. 22nd edn. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation. Washington DC, 2012.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D.W. **Water quality for agriculture**. FAO Irrigation and Drainage. Paper n. 29. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. 1976.
- BARROS, K.K.; NASCIMENTO, C.W.A.; FLORENCIO, L. Nematode suppression and growth stimulation in corn plants (*Zea mays L.*) irrigated with domestic effluent. **Water Science and Technology**, v. 66, p. 681-688, 2012.
- BASTOS, R.K.X.; KIPERSTOK, A.; CHERNICHARO, C.A.L.; FLORENCIO, L.; MONTEGGIA, L.O.; SPERLING, M.V.; AISSE, M.M.; BEVILACQUA, P.D.; PIVELI, R. P. Subsídios à regulamentação do reúso da água no Brasil - Utilização de esgotos sanitários tratados para fins agrícolas, urbanos e pisciculturais. **Revista DAE**, n. 177, p.50-62, 2008.
- BATISTA, R. O.; COSTA, F.G.B.; LOPES, H.S.S.; COELHO, D.C.L.; PAIVA, M.R.F.C. Efeito das características do esgoto doméstico na uniformidade de aplicação de sistemas de irrigação por gotejamento. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 4, p. 137-144, 2011.
- BUCKS, D.A.; NAJAYAMA, F.S.; GILBERT, R.G. Trickle irrigation water quality and preventive maintenance. **Agriculture Water Management**, v. 2, p.149-162, 1979.
- Substituir por: CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Efluentes e lodos fluidos de indústrias cítricas: critérios e procedimentos para aplicação no solo agrícola**. São Paulo: CETESB, 2010. 20 p. (Norma P4.002).
- CHANDRAKANTH, M.S.; LAU, L.S.; WU, I.P. **Plugging evaluation in reuse of primary wastewater effluent for drip irrigation**. In: International Microirrigation Congress, 4, Albury, 1988. Proceeding. p.211-218, 1988.
- CONDEPE/FIDEM – AGÊNCIA ESTADUAL DE PLANEJAMENTO E PESQUISA DE PERNAMBUCO. **Produção agrícola das lavouras permanentes e temporárias**. 2011. Disponível: <http://www.bde.pe.gov.br/visualizacao/Visualizacao_formato2.aspx?CodInformacao=471&Cod=3>. Acesso em: 15 de agosto de 2013.
- DAVIES, E.G.R.; SIMONOVIC, S. P. Global water resources modeling with an integrated model of the social–economic–environmental system. **Advances in Water Resources**, v. 34, p. 684-700, 2011.
- DIAS, R.C.S.; LIMA, M.A.C. **Colheita e pós colheita. Sistema de produção de melancia**. EMBRAPA Semiárido. Versão eletrônica. 2010. Disponível: <http://sistemadeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Melancia/SistemaProducaoMelancia/colheita.html>. Acesso em 03 de agosto de 2015.
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. **Guidelines for predicting crop water requirements**. Rome, FAO, 1977. 179 p.
- DOORENBOS J.; KASSAM, A. H. **Yield response to water**. Irrigation and Drainage paper n. 33, FAO, Rome, 1979. 193 p.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. EMBRAPA, 1999. 70 p.
- ERDEM, Y.; YUKSEL, N. A. Yield response of watermelon to irrigation shortage. **Scientia Horticulturae**, v. 98, p. 365-383, 2003.
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Statistics Division, 2013. **Core production data, watermelon, 2011**. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>. Acesso em: 07 de outubro de 2013.
- FEITOSA, T.; GARRUTI, D.S.; LIMA, J.R.; MOTA, S.; BEZERRA, F.M.L.; AQUINO, B.F.; SANTOS, A.B. Qualidade de frutos de melancia produzidos com reúso de água de esgoto doméstico tratado. **Revista Tecnologia**, v. 30, p. 53-60, 2009.
- FEHR, W.R. **Principles of cultivar development**. New York: Macmillan, 1987. 736 p.
- GRANGEIRO, L.C.; CECÍLIO FILHO, A.B. Exportação de nutrientes pelos frutos de melancia em função de épocas de cultivo, fontes e doses de potássio. **Horticultura Brasileira**, v.22, n.4, p.740-743, 2004.
- HESPAÑHOL, I. **Potencial de reúso de água no Brasil: Agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos**. In: Mancuso, P. C. S.; Santos, H. F. Reúso de água. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública/Universidade de São Paulo, p. 37-95. 2003.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Sistema de recuperação automática – Sidra: Produção agrícola municipal: culturas temporárias e permanentes**. v. 38, 2011. Disponível em <[ftp://ftp.ibge.gov.br/ProducaoAgricola/ProducaoAgricolaMunicipal\[anual\]/2011/ta_elaspdf/tabela02.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/ProducaoAgricola/ProducaoAgricolaMunicipal[anual]/2011/ta_elaspdf/tabela02.pdf)>. Acesso em: 23 de julho de 2014.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Histórico dos municípios**. 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/link.php?uf=pe>>. Acesso em: 30 de junho de 2015.

IPA – INSTITUTO DE PESQUISAS AGROPECUÁRIAS. **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco**. Cavalcanti, F. J. A. (coord.). 2ª aproximação. Recife PE, 1998.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ed Agronômica Ceres, v. 1, 2006. 638 p.

MARQUELLI, W.A. ; BRAGA, M.B. ; ANDRADE JUNIOR, A.S. **Irrigação na cultura da melancia**. Circular Técnica 108. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2012 (Circular Técnica).

MENDES, A.M.S.; SILVA, D.J.; FARIA, C.M.B. **Nutrição e adubação de melancia**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2010.

REGO, J.L.; OLIVEIRA, E.L.L.; CHAVES, A.F.; ARAÚJO, A.P.B.; BEZERRA, F.M.L.; SANTOS, A.B.; MOTA, S. Uso de esgoto doméstico tratado na irrigação da cultura da melancia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, suplemento, p. 155-159, 2005.

SILVA, R.J.; GAVAZZA, S.; FLORENCIO, L.; NASCIMENTO, C.W.A.N.; KATO, M.T. Cultivo de mudas de eucalipto irrigadas com esgoto doméstico tratado. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 20, n. 2, p. 323-330, 2015.

SILVA, M.L.S.; TREVIZAM, A.R. Interações iônicas e seus efeitos na nutrição das plantas. **Informações Agronômicas**, n. 149, p. 10-16, 2015.

SILVA, A.B.; SILVA, A.C.S.; MENEZES, A.A.A.; MELLO, C.M.L.; ZEINAIDE, E.S.; SILVA, F.H.B.B.; ARAÚJO FILHO, J.C.; SANTOS, J.C.P.; OLIVEIRA NETO, M.B.; SILVA, R.R. Coordenação: BARROS, A.H.C. **Mapa Exploratório - Reconhecimento de solos do município de Petrolândia - PE. Zoneamento Agroecológico de Pernambuco - ZAPE**. Direitos reservados: Embrapa Solos, UEP Recife. 2001. Disponível em: <<http://www.uep.cnps.embrapa.br/solos/pe/petrolandia.pdf>>. Acessado em: 23 de julho de 2014.

USEPA – UNITES STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Guidelines for wter reuse**. EPA/600/R-12/618 Washington, DC, USA, 2012. 640 p.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture**. Technical Report, series n. 778. Geneva, Switzerland, 1989. 72 p.

XIE, Z.; WANG, Y.; WEI, X.; ZHANG, Z. Impacts of a gravel-sand mulch and supplemental drip irrigation on watermelon (*Citrullus lanatus*[Thunb.] Mats. & Nakai) root distribution and yield. **Soil & Tillage Research**, v. 89, p. 35-44, 2006.