

IRRIGAÇÃO COM ÁGUA RESIDUÁRIA E ADUBAÇÃO COM TORTA DE MAMONA: EFEITO SOBRE A SALINIDADE

LEDA V. B. DANTAS SILVA¹, VERA L. A. LIMA², FRANCISCO ASSIS DE OLIVEIRA³, VIVIANNY N. B. SILVA⁴, VALDINEI SOFIATTI⁵

¹Eng. Agrônoma, Doutoranda em Eng. Agrícola, Unidade Acadêmica de Eng. Agrícola, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, UFCG, Campina Grande - PB, Fone: (0xx83)2101-1055, ledavdantas@yahoo.com.br, ²Eng. Agrícola, Profª. Doutora, Unidade Acadêmica de Eng. Agrícola, CTRN/UFCG, ³Eng. Agrônomo, Prof. Doutor, Centro de Ciências Agrárias, DSER/UFPB, ⁴Graduanda em Biologia, Depto. de Biologia, UEPB, ⁵Eng. Agrônomo, Pesquisador, CNPA/Embrapa Algodão

**Trabalho apresentado no SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SALINIDADE
12 a 15 de Outubro de 2010
Fortaleza, CE, Brasil**

RESUMO - Este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito da irrigação com água residuária tratada sobre a salinidade e sodicidade em solos adubados com diferentes doses de torta de mamona após dois ciclos de cultivo; além do teor de sódio no tecido foliar de plantas de algodoeiro cultivadas em segundo ciclo. Foram cultivadas plantas de gergelim e algodão (em cultivo sucessivo) em vasos submetidos aos tratamentos que resultaram da combinação fatorial de cinco doses de torta de mamona no substrato (0, 2, 3, 4 e 5 ton ha⁻¹) e duas qualidades de água de irrigação (água de abastecimento e efluente doméstico tratado), com três repetições para cada tratamento. Após o segundo ciclo de cultivo foram coletadas amostras de solo, nas quais foram determinados: condutividade elétrica e pH no extrato de saturação do solo; percentual de sódio trocável e teor de sódio trocável no solo. Também foram coletadas as folhas da cultura de segundo ciclo (algodão) para determinação do teor de sódio no tecido foliar. Constatou-se que a irrigação com água residuária ocasionou elevação de todos os parâmetros avaliados, no entanto o PST do solo se manteve abaixo de 15%, o que permite o cultivo de todas as culturas.

PALAVRAS-CHAVE: água residuária, algodão, salinização

IRRIGATION USING WASTEWATER AND FERTILIZATION WITH CASTOR CAKE: EFFECT ON SALINITY

ABSTRACT-This study aimed to evaluate the effect of irrigation with treated wastewater on the salinity and sodicity in soils fertilized with different doses of castor cake after two crop cycles; as well as its effect on the sodium content in the cotton leaf tissue grown in a second cycle. Sesame and cotton plants were grown (in successive plantings) in pots subjected to the treatment that resulted from the factorial combination of five doses of castor cake in the substrate (0, 2, 3, 4 and 5 ton ha⁻¹) and two qualities of irrigation water (water supply and treated wastewater), with three replications for each treatment. After the second crop cycle were collected soil samples in which were determined: pH and electrical conductivity in soil saturated extract, and exchangeable

sodium percentage and sodium content in the soil. Leaves were collected from the second-cycle plants (cotton) to determinate the sodium concentration in the leaf tissue. It was found that irrigation with wastewater resulted in elevation of all parameters, but the ESP of the soil remained below 15%, which allows cultivation of all crops.

KEYWORDS: wastewater, cotton, salinization

INTRODUÇÃO

Os impactos ocasionados pela disposição de efluentes de esgoto tratados em cultivos agrícolas geralmente estão relacionados aos seguintes aspectos: grau de tratamento da água residuária; características químicas e microbiológicas do efluente; taxa e técnica de aplicação do resíduo; capacidade de drenagem do solo; profundidade do lençol freático; cultura irrigada e fatores climáticos.

Devido à característica salina geralmente observada em águas residuárias tratadas, estudos utilizando esses efluentes para irrigação têm constatado a elevação na salinidade e sodicidade do solo, tendo sido observado por diversos autores elevação na condutividade elétrica e nos teores de sódio trocável ou solúvel em solos irrigados com efluentes tratados (LATTERELL et al., 1982; JOHNS & MCCONCHIE, 1994; AL-NAKSHABANDI et al., 1997; DUARTE, 2006; LEAL et al., 2009).

Teores excessivos de sódio em solos devem ser monitorados, uma vez que grandes proporções de Na nos sítios de troca reduzem a atração eletrostática entre as partículas, ocasionando expansão e dispersão das argilas o que, por sua vez, leva à desagregação das partículas, destruindo a estrutura do solo. Estas partículas dispersas podem mover-se ao longo do perfil de solo, ocupando os espaços porosos e comprometendo a infiltração de água e aeração do solo (RAIJ, 1991; RENGASAMY & OLSSON, 1991).

Desta forma, objetivou-se com este trabalho, avaliar o efeito da irrigação com água residuária tratada sobre a salinidade e sodicidade em solos adubados com diferentes doses de torta de mamona após dois ciclos de cultivo; além do teor de sódio no tecido foliar de plantas de algodoeiro cultivadas em segundo ciclo.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em área pertencente à Companhia de Águas e Esgotos do Estado da Paraíba (CAGEPA), localizada no município de Campina Grande - PB, onde se localizam a Estação de Tratamento Biológico de Esgotos (EXTRABES) e o grupo de pesquisa do Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (PROSAB).

Conduziu-se o experimento em vasos de 20 L preenchidos com solo classificado como Neossolo Regolítico psamítico solódico (EMBRAPA, 1999) irrigados diariamente de acordo com a necessidade hídrica da cultura. A análise do solo indicou a seguinte composição: pH em água de 6,03; 8,80 mg dm⁻³ de fósforo; 117,30 mg dm⁻³ de potássio; 1,90 cmol_c dm⁻³ de cálcio; 0,64 cmol_c dm⁻³ de magnésio; 0,07 cmol_c dm⁻³ de Na, 0,58 cmol_c dm⁻³ de (H+Al) e 0,73% de matéria orgânica.

Utilizou-se no experimento delineamento em blocos casualizados, com 3 repetições. Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial (5 x 2), sendo os fatores constituídos de cinco doses de torta de mamona no substrato (0, 2, 3, 4 e 5 ton ha⁻¹) e duas qualidades de água de irrigação (água de abastecimento e água residuária). A

caracterização química da torta de mamona e das fontes de água utilizadas para irrigação se encontram, respectivamente, nas tabelas 1 e 2.

Entre janeiro e maio de 2008, cada vaso foi cultivado com uma planta de gergelim cultivar G4 até o final do ciclo, quando então as plantas foram colhidas e o solo permaneceu em pousio durante três meses. Em agosto de 2008, o solo foi semeado com algodoeiro herbáceo cultivar BRS Camaçari (uma planta por vaso), o qual foi cultivado até a colheita mantendo-se o esquema de irrigação do primeiro ciclo de cultivo (tratamentos com água residuária e água de abastecimento), porém sem suplementação da adubação.

Tabela 1. Teores de umidade, óleo, proteína bruta, cinzas, N, P e K da torta de mamona

Umidade	Óleo	Proteína bruta	Cinzas	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
8,13%	13,10%	28,74%	12,11%	4,60%	3,00%	0,96%

Tabela 2. Caracterização química das duas fontes de água – potável (AP) e residuária tratada (AR) – utilizadas para irrigação

	pH	CE dS m ⁻¹	Ca	Mg	Na	K	SO ₄	CO ₃	HCO ₃	Cl ⁻	RAS*	Classe
			mg L ⁻¹									
AP	7,20	0,54	12,50	21,60	59,00	3,80	presente	0,0	18,00	131,40	3,31	C2S1
AR	8,30	2,09	89,42	67,31	202,63	34,41	presente	0,0	911,83	328,38	5,58	C3S1

*Razão de adsorção de sódio: $RAS = \frac{Na}{\frac{Ca+Mg}{2}}$

Ao final do ciclo do algodoeiro, o tecido de todas as folhas de cada planta foi coletado, secado em estufa de circulação forçada a 65°C, triturado e encaminhando ao Laboratório de Análise de Tecido da Planta da UFPB a fim de que fosse determinada a concentração foliar de sódio. Após a retirada das plantas de algodão, amostras de solo dos vasos foram coletadas e identificadas, secadas ao ar, passadas por peneira de 2,0 mm de abertura de malha e encaminhadas para caracterização no Laboratório de Química e Fertilidade do Solo da Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Determinaram-se então as variáveis: pH_{es}, CE_{es}, cátions solúveis do extrato de saturação, seguindo-se procedimentos descritos por RICHARDS (1954) e cátions totais, conforme metodologia da EMBRAPA (1997); os cátions trocáveis foram obtidos pela diferença entre totais e solúveis. A capacidade de troca de cátions (CTC) foi obtida através da soma dos cátions trocáveis e utilizada no cálculo da PST, obtida da relação Na trocável x 100/CTC.

Os dados obtidos foram tabulados em planilhas eletrônicas e submetidos à análise de variância utilizando-se o software estatístico ASSISTAT. Em caso de efeito significativo o fator doses de torta de mamona no substrato foi submetido à análise de regressão polinomial e o fator qualidade da água ao teste de Tukey.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise de variância não foram verificados efeitos significativos das doses de torta de mamona sobre as variáveis estudadas. Somente a qualidade da água de irrigação ocasionou diferenças significativas nas variáveis estudadas. Na tabela 3 são apresentados os valores médios das seguintes variáveis determinadas ao final do experimento: condutividade elétrica (CE_{es}) e pH (pH_{es}) determinados no extrato de

saturação do solo; percentual de sódio trocável (PST) e teor de sódio trocável (Na^+ solo) no solo; e teor de sódio no tecido foliar.

De acordo com RICHARDS (1954), para fins de classificação de solos afetados por sais são consideradas as propriedades químicas do solo avaliadas no extrato de saturação, tais como: pH; condutividade elétrica (CE) e percentual de sódio trocável (PST). É possível verificar, na tabela 3, que a aplicação de águas residuárias no solo por meio da irrigação elevou os teores dessas três variáveis.

Tabela 2. Valores médios de condutividade elétrica e pH no extrato saturado, percentual de sódio trocável, sódio trocável e sódio no tecido foliar do algodoeiro

Fatores	CE_{es} (dS m^{-1})	pH_{es}	PST (%)	Na^+ solo ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	$\text{Na}_{\text{planta}}$ (mg kg^{-1})
Dose de torta de mamona					
0 ton ha^{-1}	5,43	7,66	9,07	0,30	297,56
2 ton ha^{-1}	3,35	7,13	8,02	0,26	276,08
3 ton ha^{-1}	4,33	7,53	9,19	0,28	278,63
4 ton ha^{-1}	5,49	7,59	8,12	0,27	285,41
5 ton ha^{-1}	3,57	7,73	8,69	0,27	276,08
Fonte de água					
Água potável (AP)	2,20 b	7,09 b	5,01 b	0,15 b	220,75 b
Água residuária (AR)	6,66 a	7,96 a	12,23 a	0,40 a	344,75 a

Em cada coluna médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 5 % de probabilidade.

A salinidade do solo, determinada por sua condutividade elétrica, foi o parâmetro mais afetado pelas águas de irrigação, apresentando valores aproximadamente 200% maiores quando da aplicação do efluente de esgoto tratado em relação àquela da água potável.

Resultados semelhantes foram observados por MOHAMMAD & MAZAHREH (2003) os quais verificaram que solos cultivados com duas espécies forrageiras e irrigados com água residuária tratada apresentaram, ao final de 14 meses, valores de condutividade elétrica 122% maiores do que aqueles irrigados com água potável de abastecimento. Os autores atribuíram a elevação na CE_{es} aos elevados teores de sólidos solúveis totais presentes no efluente de esgoto e que podem ter sido acumulados no solo em decorrência da irrigação contínua.

O pH determinado no extrato de saturação do solo foi alterado pela irrigação com efluente de esgoto, a qual proporcionou acréscimo médio de 0,9 no valor do pH_{es} . Este resultado corrobora com os encontrados por AL-NAKSHABANDI et al. (1997) e FALKINER & SMITH (1997) em estudos em que se utilizaram efluentes de esgoto secundários.

De acordo com os dados apresentados tabela 3 é possível observar que os teores médios de sódio trocável no solo foram aproximadamente 160% mais altos quando se utilizou a água residuária tratada para irrigação da cultura. No entanto, os valores de PST verificados no solo após o cultivo se mantiveram abaixo de 15% o que, de acordo com AYERS & WESTCOT (1999), permite o cultivo de todas as culturas, mesmo aquelas sensíveis ao sódio trocável.

Conforme pôde ser observado na tabela 2, em que consta a caracterização química das fontes de água utilizadas para irrigação, a aplicação de cada litro da água residuária utilizada no experimento adicionou ao solo 202,6 miligramas de Na. Esta alta concentração deste cátion no efluente tratado provavelmente foi a causa da elevação nos teores trocáveis de Na verificada no solo. Elevações nos teores de Na trocável em solos irrigados com efluentes domésticos também foram observadas por JOHNS &

MCCONCHIE (1994), DUARTE (2006), JAHANTIGH et al. (2008), KIZILOGLU et al. (2008) e LEAL et al. (2009).

Altos teores de Na^+ nos sítios de troca dos minerais de argila podem ser nocivos ao solo uma vez que, ao reduzir a força de atração entre as partículas, ocasionam expansão e dispersão das argilas, o que pode comprometer a estrutura, alterar a porosidade e reduzir a condutividade hidráulica do solo (RAIJ, 1991). FONSECA (2005), em experimento com capim-bermuda irrigado com água residuária, observou que os teores de Na trocável no solo apresentam correlação positiva com as concentrações de argila dispersa em água, com o grau de dispersão das argilas e com o acúmulo de sódio na parte aérea da planta.

Com relação aos teores de sódio no tecido foliar das plantas de algodoeiro, observou-se que foram influenciados apenas pela qualidade da água utilizada para irrigação (Tabela 3). Os teores foliares de Na dos tratamentos irrigados com água residuária tratada foram maiores do que o verificado para a irrigação com água potável sendo, respectivamente, iguais a 344,75 e 220,75 mg kg^{-1} .

O sódio é um elemento requerido apenas por algumas plantas, em especial pelas espécies halófitas, e absorvido na forma iônica. Sua principal função na nutrição mineral de plantas é substituir o K em determinadas funções fisiológicas (KORNDÖRFER, 2006). Na maioria das espécies, porém, altas concentrações de Na podem acarretar em efeitos maléficis ao desenvolvimento e produção das plantas. No entanto, o que geralmente se constata em cultivos irrigados com águas residuárias é que, apesar da elevação na condição salina do solo, a produtividade das culturas é elevada devido aos altos níveis de elementos essenciais, como N e K, disponibilizados para as plantas por meio da aplicação destes efluentes.

CONCLUSÕES

A aplicação de água residuária acarretou em elevação da condutividade elétrica (CE_{es}) e pH (pH_{es}) determinados no extrato de saturação do solo, percentual de sódio trocável (PST) e teor de sódio trocável ($\text{Na}^+_{\text{solo}}$) no solo.

A aplicação de águas residuárias elevou o teor de sódio no tecido foliar das plantas de algodoeiro.

O PST do solo se manteve abaixo de 15%, mesmo nos tratamentos irrigados com efluente doméstico, o que permite o cultivo de todas as culturas.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudos.

REFERÊNCIAS

AL-NAKSHABANDI, G. A.; SAQQAR, M. M.; SHATANAWI, M. R.; FAYYAD, M.; AL-HORANI, H. Some environmental problems associated with the use of treated wastewater for irrigation in Jordan. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.34, p.81-94, 1997.

AYERS, R. S., WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Tradução de GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F.; DAMASCENO, F. A. V. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p. (Estudos FAO Irrigação e Drenagem, 29 Revisado 1).

DUARTE, A. S. **Reuso de água residuária tratada na irrigação da cultura do pimentão (*Capsicum annun L.*)**. 2006. 187f. Tese de Doutorado, Doutorado em Agronomia - Área de concentração em Irrigação e Drenagem, Escola Superior de

- Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise do solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. p. 247 – 247, 1997.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro). **Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos**. Brasília: Produção de Informação, 1999. 412p.
- FALKINER, R. A. & SMITH, C. J. Changes in Soil Chemistry in Effluent-Irrigated *Pinus radiata* and *Eucalyptus grandis*. **Australian Journal of Soil Research**, v.35, p.131-147, 1997.
- FONSECA, A. F. **Viabilidade agronômico-ambiental da disposição de efluente de esgoto tratado em um sistema solo-pastagem**. 2005. 174f. Tese de Doutorado, Doutorado em Agronomia - Área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.
- JAHANTIGH, M. Impact of recycled wastewater irrigation on soil chemical properties in an arid region. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v.11, n.18, p.2264-2268, 2008.
- JOHNS, G. G. & MCCONCHIE, D. M. Irrigation of Bananas with Secondary Treated Sewage Effluent. II. Effect on plant nutrients, additional elements and pesticide residues in plants, soil and leachate using drainage lysimeters. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.45, p.1619-1638, 1994.
- KIZILOGLU, F. M.; TURAN, M.; SAHIN, U.; KUSLU, Y.; DURSUN, A. Effects of untreated and treated wastewater irrigation on some chemical properties of cauliflower (*Brassica oleracea* L. var. botrytis) and red cabbage (*Brassica oleracea* L. var. rubra) grown on calcareous soil in Turkey. **Agricultural water management**, v.95, p.716-724, 2008.
- KORNDÖRFER, G. H. Elementos Benéficos. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 355-374.
- LATTERELL, J. J.; DOWDY, R. H.; CLAPP, C. E.; LARSON, W. E.; LINDEN, D. R. Distribution of phosphorus in soils irrigated with municipal waste-water effluent: a 5-year study. **Journal of Environmental Quality**, v.11, p.124-128, 1982.
- LEAL, R. M. P.; FIRME, L. P.; MONTES, C. R.; MELFI, A. J.; PIEDADE, S. M. S. Soil exchangeable cations, sugarcane production and nutrient uptake after wastewater irrigation. **Scientia Agricola**, v.66, n.2, p. 242-249, 2009.
- MOHAMMAD, M. J.; MAZAHREH, N. Changes in soil fertility parameters in response to irrigation of forage crops with secondary treated wastewater. **Communications in soil science and plant analysis**, v.34, n.9/10, p.1281-1294, 2003.
- RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Potafos, 1991. 343p.
- RENGASAMY, P.; OLSSON, K.A. Sodicity and soil structure. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.29, p.935-952, 1991.
- RICHARDS, L. A. (Ed). **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington, DC: United States Salinity Laboratory Staff, USDA, 1954. 160p. (Agriculture Handbook, 60).