

MONITORAMENTO DO LENÇOL FREÁTICO SOB INFLUÊNCIA DA IRRIGAÇÃO COM ÁGUAS RESIDUÁRIAS

TAMARA M. GOMES¹, MAGNUS DALL'IGNA DEON², CÉLIA R. MONTES³, ADOLPHO JOSÉ MELFI⁴, ADRIANO L. C. DE CARVALHO⁵

¹ Eng^o. Agrônoma, Profa. Doutora, Departamento de Engenharia de Biosistemas, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, USP, Pirassununga-SP, Fone: (19) 3565-6709, tamaragomes@usp.br

² Eng^o. Agrônomo, Doutor, EMBRAPA - Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semiárido

³ Física, Profa. Doutora, NUPEGEL/CENA/USP

⁴ Geólogo, Prof. Titular, NUPEGEL/ESALQ/USP

⁵ Eng^o. Agrônomo, Mestrando, Departamento Economia, Administração e Sociologia, ESALQ/USP

Apresentado no
XLII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2013
04 a 08 de Agosto de 2013 - Fortaleza - CE, Brasil

RESUMO: A aplicação de águas residuárias provenientes de Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) na agricultura torna-se uma excelente opção como forma direta de preservação dos recursos hídricos e como fonte de água e nutrientes às culturas agrícolas. Entretanto existe pouco conhecimento sobre a infiltração dessas águas nos solos tropicais e o potencial de contaminação na zona saturada do sub-solo. O presente trabalho teve como objetivo monitorar o lençol freático sob diferentes lâminas de irrigação com efluente de ETE em área cultivada com cana-de-açúcar no município de Piracicaba-SP. O monitoramento foi realizado no período 12/ 2008 a 12/ 2009, com frequência bimestral, através de quatro poços de monitoramento (PM) distribuídos ao longo da área experimental. Foram avaliados os parâmetros considerados indicadores de poluição pela legislação vigente (N-NO₃⁻, Al, B, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb e Zn), além de carbono orgânico (DOC) e inorgânico (DIC) dissolvido, Cl, CE, P-PO₄, N-NO₂⁻, SO₄ e Na. Dos resultados obtidos nenhum parâmetro apresentou valor superior aos considerados com necessidade de intervenção. Entretanto, de maneira geral, as maiores concentrações DIC, DOC, Cl, Na, SO₄ e CE foram observadas no PM sob contribuição das maiores lâminas de efluentes aplicadas, sugerindo a importância de se aplicar uma lâmina ideal à cultura.

PALAVRAS-CHAVE: águas subterrâneas, reuso agrícola, contaminação

MONITORING GROUNDWATER UNDER THE INFLUENCE WASTEWATER IRRIGATION

ABSTRACT: Application of wastewater from sewage treatment plants (WSTP) in agriculture becomes an excellent choice as a direct way of preserving water resources and as a source of water and nutrients to crops. However there is little knowledge about the infiltration of water in tropical soils and the potential for contamination in the saturated zone of the sub-soil. The present study aimed to monitor the groundwater under different irrigation of effluent WSTP in area cultivated with sugar cane in Piracicaba-SP. The monitoring was at 12/2008 to 03/2010, with bimonthly frequency through four wells distributed throughout the experimental area. The parameters evaluated were considered indicators of pollution by CETESB (2005) (N-NO₃⁻, Al, B, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb e Zn), and dissolved organic and inorganic carbon, Cl, EC, P -PO₄, N-NO₂⁻, SO₄ and Na. From the results presented any parameter value greater than those considered in need of intervention. However, in general, the highest concentrations DIC, DOC, Cl, Na, SO₄, and EC were observed in wells under the greatest contribution blades effluent applied, suggesting the importance of applying a blade ideal culture.

KEYWORDS: groundwater, agricultural reuse, contamination

INTRODUÇÃO: Aplicação no solo e a utilização de águas residuárias tratadas tem sido uma solução efetiva do custo potencial para o problema de disposição dos efluentes no ambiente (Darwish et al., 1999). A aplicação dos efluentes tratados no solo completa uma seqüência de processos para reduzir a concentração de microrganismos e de vários compostos orgânicos e inorgânicos em níveis aceitáveis para a renovação da água (Feigin et al., 1991). Dentre os principais sistemas de disposição de águas residuárias no solo (infiltração/percolação e escoamento à superfície), a irrigação de culturas tem sido o método mais acessível e eficiente, particularmente, nos países em desenvolvimento onde não há uma política para de tratamento das águas residuárias (Friedel et al., 2000; Feigin et al., 1991). O tratamento de esgotos por disposição no solo permite obter elevada remoção de nutrientes, contribuindo significativamente para o controle da poluição e redução da eutrofização dos corpos d'água. Por sua vez, a irrigação com águas residuárias proporciona uma economia de fertilizantes, alivia a demanda e preserva a oferta de água (Bastos, 1999). Essa irrigação tem o potencial de modificar os processos de ciclagem do N e também do C, pelo fato de aumentar a água no solo para teores que estimulam a atividade de decomposição da matéria orgânica (Falkiner & Smith, 1997). Por outro lado, a adição de efluentes no solo consiste no aporte de C e N nas diferentes formas (mineral e orgânica). Têm sido comum na literatura referências ao aumento nos teores de CT (carbono total), NT (nitrogênio total) e na atividade microbiana do solo mediante a disposição de águas residuárias, mais pronunciadamente em solos que vem recebendo efluentes por longo período (Friedel et al., 2000). O resultado comum é o aumento dos teores de N-disponível, notadamente de $N-NO_3^-$ em agrossistemas receptores de águas residuárias (Lund et al., 1981), podendo em muitos casos migrar pelo perfil do solo chegando até as águas subterrâneas. O monitoramento da zona saturada do sub-solo é um estudo importante para garantir o controle de possíveis impactos ambientais em áreas de deposição de rejeitos (Pizarro, 1978). Nesse contexto, está pesquisa, teve como objetivo principal avaliar o comportamento do lençol freático de uma área experimental irrigada com diferentes lâminas de irrigação com efluente tratado de esgoto doméstico na cultura da cana-de-açúcar.

MATERIAL E MÉTODOS: O estudo faz parte de uma pesquisa sobre irrigação por gotejamento subsuperficial com efluente de estação de tratamento de esgoto (EETE) na cultura da cana-de-açúcar, em Piracicaba-SP. O efluente utilizado foi originado da estação de tratamento de esgoto doméstico, composta por lagoas de estabilização, do tipo “Australiano”, operada pelo SEMAE e localizada ao lado da área experimental. As lâminas de irrigação de EETE aplicadas à cana-de-açúcar foram baseadas em diferentes porcentagens de reposição da evapotranspiração da cultura (ETc), conforme legenda da Figura 1. Segundo Gomes et al., (2009) o efluente utilizado na irrigação era constituído por 28,9; 2,5; 25,7; 14,1; 5,0; 36,8 e 66,9 mg/L de N, P, K, Ca, Mg, S e Na, respectivamente, pH 7,4 e condutividade elétrica 0,82 dS/m . Com intuito de monitorar uma possível contaminação das lâminas de irrigação de EETE no lençol freático, foram instalados quatro poços de monitoramento (PM), PM-01; PM-02; PM-03; PM-04 (branco), conforme apresentado na Figura 1. Os locais de implantação dos poços foram baseados em mapa potenciométrico definido pelas linhas de fluxo determinadas pelo método de eletrorresistividade. Os poços de monitoramento foram construídos manualmente com trado de 4” até a profundidade de contato com o lençol freático (PM-01 =6m; PM-02=18m; PM-03=18m; PM-04=18m) e instalados com base na NBR 13.895/97. Após a estabilização dos poços de monitoramento, a partir de dezembro de 2008, iniciou-se a coleta da água subterrânea com frequência bimestral até dezembro de 2009. As amostras de água foram coletadas com o auxílio de um coletor “baylor”, de acordo com os procedimentos descritos em CETESB (1998). Foram analisados $N-NO_3^-$, Al, B, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb e Zn), além de carbono orgânico e inorgânico dissolvido, Cl, CE, $P-PO_4$, $N-NO_2^-$, SO_4 e Na, conforme APHA – AWWA (1999). Para os parâmetros analisados foram determinados média e desvio padrão.

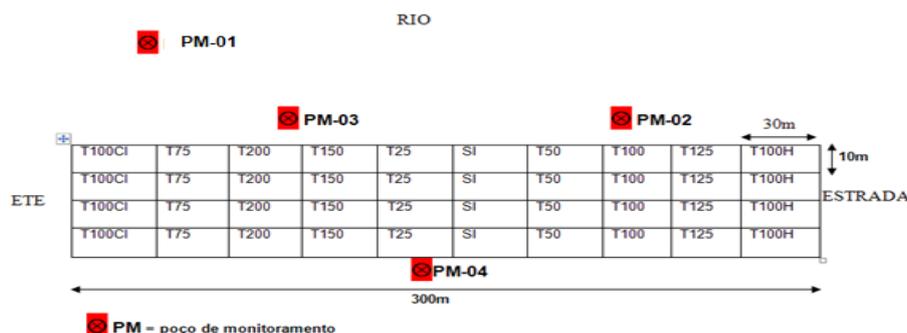


FIGURA 1. Croqui da instalação de poços de monitoramento. (T100Cl-100%ETc com cloro; T75-75% ETc; T200-200% ETc; T25-25% ETc; SI-sem irrigação; T50-50% ETc; T100-100% ETc; T125-125% ETc; T100H-100% ETc com herbicida).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os resultados apresentados na Tabela 1 mostram conformidade dos parâmetros avaliados aos valores orientadores para águas subterrâneas no Estado de São Paulo (CETESB, 2005), sem necessidade de intervenção. O PM-04, instalado à montante da área experimental, é tomado como referência, ou seja, sem influência dos tratamentos aplicados. O PM-01, conforme representado pela Figura 1, tem proximidade ao curso d' água que recebe os efluentes tratados ETE. Os poços 2 e 3 são influenciados diretamente pela irrigação com águas residuárias, sendo o PM-03 localizado nas proximidades das duas maiores lâminas de irrigação (150 e 200%).

TABELA 1. Resultados das análises (média \pm desvio padrão) das águas subterrâneas realizadas para quatro poços de monitoramento instalados na área experimental e valores de intervenção propostos pela CETESB/2005.

Parâmetros	Unidade	Poços de monitoramento				V.I.
		01	02	03	04	
DIC	(mg L ⁻¹)	5,55 \pm 1,11	21,37 \pm 5,15	88,32 \pm 11,92	10,99 \pm 5,02	-
DOC	(mg L ⁻¹)	1,49 \pm 0,57	2,74 \pm 0,83	4,19 \pm 4,35	2,71 \pm 1,13	-
P-PO4	(mg L ⁻¹)	0,01 \pm 0,01	0,01 \pm 0,01	0,02 \pm 0,02	0,01 \pm 0,00	-
N-NH ₄	(mg L ⁻¹)	0,17 \pm 0,13	0,07 \pm 0,09	0,04 \pm 0,04	0,12 \pm 0,10	-
Cl	(mg L ⁻¹)	13,51 \pm 6,47	4,60 \pm 4,61	8,29 \pm 3,03	5,56 \pm 2,34	-
N-NO ₂	(mg L ⁻¹)	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,02 \pm 0,02	0,00 \pm 0,00	-
N-NO ₃	(mg L ⁻¹)	1,54 \pm 0,11	1,62 \pm 0,08	0,10 \pm 0,08	1,58 \pm 0,27	10
Na	(mg L ⁻¹)	4,62 \pm 0,93	2,01 \pm 0,47	9,14 \pm 2,16	2,75 \pm 0,55	-
SO ₄	(mg L ⁻¹)	1,93 \pm 1,33	4,16 \pm 3,45	13,24 \pm 6,53	5,42 \pm 2,37	-
Al	(mg L ⁻¹)	0,00 \pm 0,01	0,00 \pm 0,01	0,00 \pm 0,01	0,00 \pm 0,01	0,2
B	(mg L ⁻¹)	0,01 \pm 0,01	0,00 \pm 0,00	0,01 \pm 0,01	0,01 \pm 0,00	0,5
Cd	(mg L ⁻¹)	0,00 \pm 0,01	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,005
Cr	(mg L ⁻¹)	0,01 \pm 0,01	0,01 \pm 0,01	0,01 \pm 0,00	0,01 \pm 0,01	0,05
Cu	(mg L ⁻¹)	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	2
Fe	(mg L ⁻¹)	0,01 \pm 0,01	0,01 \pm 0,01	0,01 \pm 0,01	0,01 \pm 0,01	0,3
Mn	(mg L ⁻¹)	0,01 \pm 0,01	0,01 \pm 0,00	0,00 \pm 0,01	0,02 \pm 0,00	0,4
Ni	(mg L ⁻¹)	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,02
Pb	(mg L ⁻¹)	0,01 \pm 0,00	0,01 \pm 0,00	0,01 \pm 0,00	0,01 \pm 0,00	0,01
Zn	(mg L ⁻¹)	0,01 \pm 0,00	0,02 \pm 0,00	0,01 \pm 0,01	0,02 \pm 0,02	5
pH	-	5,36 \pm 0,27	6,32 \pm 0,23	6,95 \pm 0,09	6,19 \pm 0,25	-
CE	(μ S cm ⁻¹)	63,86 \pm 2,58	70,24 \pm 10,69	243,67 \pm 18,16	69,87 \pm 7,52	-

V.I.: valor de intervenção; DIC: carbono inorgânico dissolvido; DOC: carbono orgânico dissolvido; CE: condutividade elétrica.

Embora em conformidade com a legislação vigente, comparativamente ao PM-04, tomado como referência, é possível verificar a influência do curso d' água pela presença de cloro no PM-01. Também se pode constatar valores superiores, comparativamente aos demais poços, no PM-03 para os

parâmetros DIC, DOC, Cl, Na, SO₄ e CE, sugerindo a influência das águas residuárias nas maiores lâminas de irrigação aplicadas (150% e 200%). Importante ressaltar que, embora haja preocupação com a possibilidade de lixiviação de N-NO₃, não foi constatada nenhuma alteração de concentração deste ânion na água em todos os PM avaliados.

CONCLUSÕES: A irrigação com águas residuárias tratadas não apresentou alterações nas concentrações dos parâmetros avaliados para águas subterrâneas, em desconformidade à legislação vigente. Entretanto lâminas de irrigação superiores a necessidade hídrica da cultura, podem apresentar potencial de contaminação a essas águas.

AGRADECIMENTOS: À FAPESP, FUSP, COSAN e SEMAE

REFERÊNCIAS

- ABNT – Associação Brasileira de normas técnicas – 1997 – NBR 13.895, Construção de Poços de Monitoramento e Amostragem.
- American Public Health Association (APHA) - American Water Works Association (AWWA) Standard methods for the examination for water and wastewater. 20.ed. Washington, 1999, 1220p.
- Bastos, R.K.X. Utilização agrícola de esgotos sanitários. In: Curso Reuso Agrícola de Esgoto Sanitário. Recife. ABES, 1999, 116p.
- CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 1988. **Guia de coleta e preservação de amostras de água**. São Paulo, 155p.
- CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2005 – Decisão da Diretoria da CETESB n.º 195-2005-E
- DARWISH, M.R.; EL-AWAR, F.A.; SHARARA, M.; HAMDAR, B. Economic-environmental approach for optimum wastewater utilization in irrigation: a case study in Lebanon. *Applied Engineering in Agriculture*, v.15, p.41-48, 1999.
- FALKNER, 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.
- FEIGIN, A.; RAVINA, I.; SHALHEVET, J. Irrigation with treated sewage effluent: management for environmental protection. Berlin: Springer-Verlag, 1991. 224p.
- FRIEDEL, J.K.; LANGER, T.; SIEBE, C.; STAHR, K. Effects of long-term waste water irrigation on soil organic matter, soil microbial biomass and its activities in central Mexico. *Biology and Fertility Soils*, v.31, p.414-421, 2000.
- GOMES, T. M. ; DEON, M. D. ; SUNDEFELD JR, G. C. ; MONTES, C. R. ; SILVA, E. ; PIVELI, R. P. ; MELFI, A. J. . Aporte de nutrientes e estado nutricional da cana-de-açúcar irrigada com efluente de estação de tratamento de esgoto com e sem desinfecção. **Revista DAE**, v. 180 E, p. 19-25, 2009.
- LUND, L.J.; PAGE, A.L.; NELSON, C.O.; ELLIOTT, R.A. Nitrogen balances for an effluent irrigation area. *Journal of Environmental Quality*, v.10, p.349-352, 1981.
- PIZARRO, F. Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos. Madrid: Agrícola Espanhola, 1978. 525p.