

RISCOS DA FERTIRRIGAÇÃO COM ESGOTO SANITÁRIO E AS RELAÇÕES ENTRE OS ÍONS Ca^{+2} E Mg^{+2} E A SALINIDADE TOTAL

Rafael Oliveira Batista¹
Antônio Alves Soares¹
Delfran Batista dos Santos¹

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo analisar os riscos da fertirrigação com esgoto sanitário e estudar as relações entre os íons Ca^{+2} e Mg^{+2} e a salinidade total do efluente. Amostras da água residuária foram coletadas e encaminhadas aos laboratórios para análises específicas. De acordo com os resultados, concluiu-se que o efluente não apresentou risco de salinização, mas o solo apresentou moderado risco de alcalinização. Os íons Ca^{+2} e Mg^{+2} contidos no efluente podem ser estimados pelas equações: $Ca^{+2} = 0,1105 + 2,7444^{**} CE_a$ ($r^2 = 0,72$; $** p = 0,01$) e $Mg^{+2} = -0,466 + 2,3177^{**} CE_a$ ($r^2 = 0,73$; $** p = 0,01$).

Palavras-Chave: salinização, alcalinização, solo, efluente.

ABSTRACT

RISKS FROM FERTIRRIGATION WITH SANITARY SEWAGE AND RELATIONS HIP BETWEEN THE IONS Ca^{+2} AND Mg^{+2} AND TOTAL SALINITY

The objective of this work was to analyze the risks from fertirrigation with domestic sewage and the relationship between Ca^{+2} and Mg^{+2} ions and the total salinity of the effluent. Samples of wastewater were collected and directed to the laboratories for specific analyses. The results showed that the effluent did not present salinization risk, however a moderate risk of soil alkalization was evidenced. The Ca^{+2} and Mg^{+2} ions contained in the effluent can be quantified by the equations: $Ca^{+2} = -0,1105 + 2,744^{**} CE_a$ ($r^2 = 0,72$; $** p = 0,01$) and $Mg^{+2} = -0,466 + 2,3177^{**} CE_a$ ($r^2 = 0,73$; $** p = 0,01$).

Key words: salinization, alkalization, soil, effluent.

¹ Dep. de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG. ms36384@zipmail.com.br; aasoares@ufv.br; delfran@zipmail.com.br

INTRODUÇÃO

A utilização de água residuária para fertirrigação é uma prática que vem ganhando espaço nos cenários brasileiro e mundial, principalmente devido à escassez de fontes de boa qualidade. Porém, para fazer uso dessa água, alguns cuidados devem ser tomados, pois sua qualidade pode variar de acordo com o tempo e o espaço. Sabe-se que, dependendo da época do ano, a composição do esgoto doméstico apresenta variações, acarretando alterações nos níveis de sais dos corpos hídricos receptores (Bartone & Arlosoroff, 1987; Leon Suematsu & Cavallini, 1999). Diante disso, percebe-se a importância do conhecimento da qualidade da água para evitar problemas, como riscos de salinização e sodificação dos solos (Ferreira, 2002). Assim, a composição iônica da água torna-se uma característica de suma importância quando se deseja avaliar a sua qualidade para fins agrônômicos e, mais especificamente, para uso na irrigação (Maia *et al.*, 2001). Há uma grande variação na classificação de água para fertirrigação, embora haja um consenso de que o equilíbrio iônico e a salinidade sejam fatores decisivos na avaliação de sua qualidade.

Há diretrizes estabelecidas para a interpretação da qualidade da água para fertirrigação em função da condutividade elétrica (CE_a), da razão de adsorção de sódio (RAS) e da concentração de íons (Na^+ , Cl^- , B, N), que, em determinadas proporções, podem ser considerados tóxicos para a maioria das culturas (Ayers & Westcot, 1999).

Contudo, há a necessidade de estimar, de forma mais rápida e simplificada, algumas características químicas de água para irrigação, principalmente nas regiões onde sua qualidade varia muito ao longo do ano e em locais distantes dos centros onde estão os laboratórios de análise de rotina de água. Nos últimos anos, vários estudos foram realizados para avaliar a qualidade da água de irrigação (Maia *et al.*, 1998; Moraes *et al.*, 1998; Silva Júnior *et al.*, 1999; Nunes Filho *et al.*, 2000; Oliveira *et al.*, 2000; Medeiros *et al.*, 2003). Nesses estudos, os autores ajustaram algumas características químicas, como a concentração de cálcio, de magnésio, de sódio e de cloreto, em função da condutividade elétrica (CE).

Os objetivos desse trabalho foram: (a) avaliar a qualidade e a viabilidade do uso de esgoto sanitário, proveniente de lagoa de maturação, em fertirrigação; (b)

verificar as relações entre os íons Ca^{2+} e Mg^{2+} e a salinidade total da água residuária com base apenas nas leituras de CE_a em dS m^{-1} , a 25°C , com auxílio de condutivímetro portátil.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Estação-Piloto de Tratamento de Esgoto (EPTE), uma das áreas experimentais do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (DEA/UFV), localizada em Viçosa, MG. A EPTE foi abastecida com esgoto sanitário bruto, proveniente do conjunto residencial Condomínio Bosque Acamari, situado em Viçosa.

O esgoto sanitário bruto recalcado para a EPTE recebeu tratamento em três etapas distintas: inicialmente foi recalcado até o tratamento preliminar, e um desarenador removeu os sólidos de elevada massa específica; a diminuição da carga orgânica (DBO_5) foi obtida pela disposição do esgoto sobre faixas com 1,0 m de largura, 25 m de comprimento e declividade de 2%, cultivadas com capim Tifton 85 do gênero *Cynodon*; em seguida, foi lançado numa lagoa de maturação com capacidade armazenadora de 300 m^3 , com as dimensões de 50 m de comprimento x 6 m de largura e 1 m de profundidade, para remoção de organismos patogênicos.

O esgoto sanitário proveniente da lagoa de maturação foi utilizado na fertirrigação de cafeeiros da variedade Catuaí IAC 99, com dois anos de idade, cultivados no espaçamento de 2,50 m entre linhas e 0,75 m entre plantas, numa subárea de 1.400 m^2 , situada na própria EPTE. A aplicação do esgoto sanitário foi realizada via sistema de irrigação por gotejamento.

A avaliação da qualidade do esgoto sanitário para utilização na agricultura foi feita por meio de análises químicas. As coletas foram realizadas na extremidade final da lagoa de maturação, em quatro horários distintos (às 9, 11, 13 e 15 horas). Dessas coletas simples, obtiveram-se amostras compostas, que foram enviadas aos laboratórios para análises específicas.

Imediatamente após a coleta das amostras simples, procedeu-se à medição do pH (método eletrométrico, medidor de pH portátil) e da condutividade elétrica (condutivímetro) no Laboratório de Qualidade da Água do Departamento de Engenharia Agrícola da UFV. Os

resultados foram expressos como a média dos quatro valores medidos, correspondentes aos quatro horários estabelecidos para as coletas. As amostras compostas foram encaminhadas aos Laboratórios de Matéria Orgânica e Resíduos e de Espectrofotometria Atômica, ambos do Departamento de Solos da UFV, para determinação das concentrações de sódio (realizadas com um fotômetro de chama), cálcio e magnésio (feitas com um espectrofotômetro de absorção atômica) no efluente.

O experimento foi montado com base no delineamento inteiramente casualizado (DIC). Foi utilizado o teste de normalidade de Shapiro-Wilk com probabilidade de 5%. Os dados foram interpretados por meio de estatística descritiva e de análise de regressão, utilizando-se o teste t com probabilidade de 1%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, estão apresentados os resultados de média (M), mediana (Md), valor mínimo (Mn), valor máximo (Mx), desvio-padrão (S), variância (S²), coeficiente de variação (CV) e teste de normalidade (W) para os atributos de avaliação da qualidade do esgoto

sanitário tratado para fertirrigação, no período de 13/08 a 11/12 de 2003. A análise de normalidade dos atributos CE, RAS, PH, Ca²⁺ e Mg²⁺, pelo teste de Shapiro-Wilk, apresentou valores não significativos e próximos de 1, o que indica que a distribuição de frequências se aproxima da distribuição normal. Somente o atributo Na⁺ não assumiu uma distribuição normal, pois o teste de Shapiro-Wilk foi significativo com probabilidade de 5%. Os valores de S e CV para esse atributo não são apresentados.

Os valores médios da condutividade elétrica (CE) e da razão de adsorção de sódio (RAS), no período de ensaio, foram de 0,36 dS m⁻¹ e 2,54 (mmol_c l⁻¹)^{0,5}, sendo inferiores aos valores de 1,03 dS m⁻¹ e 4,50 (mmol_c l⁻¹)^{0,5}, obtidos em outros trabalhos realizados com esgoto sanitário secundário (Feigin *et al.*, 1991; Tajrishy *et al.*, 1994). Verificou-se que o coeficiente de variação foi de 16,09% para a condutividade elétrica (CE) e de 30,70% para a razão de adsorção de sódio (RAS). De acordo com as diretrizes estabelecidas para interpretação da qualidade da água para uso na fertirrigação (Ayers & Westcot, 1999), a água oriunda do esgoto sanitário tratado não apresentou nenhum grau de risco de salinidade, podendo ser utilizada na fertirrigação das culturas, na

Tabela 1. Resultados de média (M), mediana (Md), valor mínimo (Mn), valor máximo (Mx), desvio-padrão (S), variância (S²), coeficiente de variação (CV), e teste de normalidade (W) para avaliação da qualidade do esgoto para fertirrigação

Atributos	M	Md	Mn	Mx	S	S ²	CV	W
CE (dS m ⁻¹)	0,36	0,35	0,30	0,46	0,058	0,003	16,09	0,90 ^{ns}
RAS [(mmol _c l ⁻¹) ^{0,5}]	2,54	2,37	1,70	3,77	0,781	0,609	30,70	0,89 ^{ns}
PH	8,80	9,05	7,50	10,3	1,117	1,248	12,69	0,86 ^{ns}
Mg ²⁺ (mmol _c l ⁻¹)	0,87	0,87	0,62	1,10	0,186	0,035	21,32	0,90 ^{ns}
Ca ²⁺ (mmol _c l ⁻¹)	0,37	0,36	0,19	0,70	0,157	0,025	42,97	0,91 ^{ns}
Na ⁺ (mmol _c l ⁻¹)	1,93	1,74	1,52	2,61	-	0,194	-	0,80 [*]

* significativo com probabilidade de 5%.

ns - não significativo com probabilidade de 5%.

maioria dos casos sem práticas especiais de controle da salinidade. Em contrapartida, apresentou moderado grau de risco de alcalinização do solo, podendo ser usada na fertirrigação com uso de algumas práticas de manejo.

Como pode ser observado na Tabela 1, os valores de pH variam de 7,5 a 10,3, o que pode ocasionar um risco de sodificação do solo quanto à utilização dessa água para fertirrigação (Ferreira, 2002), pois à medida que o

pH da solução saturada em CaCO₃ aumenta, a solubilidade do sal diminui significativamente, propiciando a precipitação do sal. Como a água possui um teor considerável de Na⁺, pode haver risco de dispersão das partículas do solo.

Os valores médios das concentrações de cálcio, magnésio e sódio foram de 0,87; 0,37; e 1,93 mmol_c l⁻¹. No entanto, tais concentrações foram menores que as

concentrações mínimas de 1,00; 0,80; e 2,20 $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$, obtidas em esgoto sanitário secundário em Israel (Feigin *et al.*, 1991) para o cálcio, magnésio e sódio. Além disso, os valores do coeficiente de variação foram de 21,32 e 42,97% para os atributos cálcio e magnésio, respectivamente.

Com a comprovação da normalidade dos atributos CE, RAS, PH, Ca^{2+} e Mg^{2+} , garantiu-se a aplicabilidade dos testes de significância que se baseiam na distribuição normal. Assim, estudaram-se as regressões entre as variáveis dependentes Ca^{2+} e Mg^{2+} com a variável independente CE_a , utilizando-se o teste “t” com 1% de probabilidade, conforme apresentado na Figura 1.

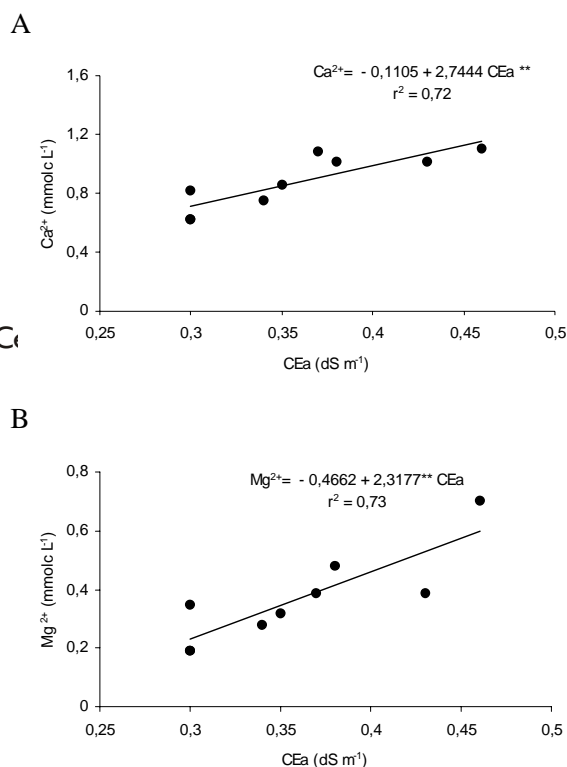


Figura 1. Modelos de regressão relacionando CE_a com as variáveis dependentes Ca^{2+} (A) e Mg^{2+} (B) a 1%(**) de probabilidade, pelo teste “t”.

Verifica-se, nessa figura, aumento linear dos íons Ca^{2+} e Mg^{2+} à medida em que aumenta também CE_a . Um trabalho semelhante que correlacionou as características das águas de poços tubulares, rios e açudes (Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- e RAS) em função da CE_a , foi realizado na região da Chapada do Apodi e do Baixo do Açu no Rio Grande do Norte (Maia *et al.*, 1998), tendo-se encontrado parâmetros

das regressões lineares $Y = a + b(\text{CE}_a)$ com diferença significativa a 1% de probabilidade. No caso da estimativa dos íons Ca^{2+} e Mg^{2+} na água residuária, as equações propostas têm validade no intervalo de $0,30 < \text{CE}_a < 0,46 \text{ dS m}^{-1}$, uma vez que os valores dos interceptos são negativos, nos modelos descritos a seguir: $\text{Ca}^{2+} = -0,1105 + 2,7444 \text{CE}_a$ ($r^2 = 0,72$) e $\text{Mg}^{2+} = -0,4662 + 2,3177 \text{CE}_a$ ($r^2 = 0,73$). ** significativo com 1% de probabilidade pelo teste t.

CONCLUSÕES

Diante dos resultados apresentados, pode-se concluir que:

A água residuária não apresenta problema de salinização quando for utilizada na fertirrigação de culturas;

O esgoto sanitário tratado apresentou um moderado grau de risco de alcalinização do solo;

Os íons Ca^{2+} e Mg^{2+} contidos na água residuária podem ser estimados com confiabilidade por meio das seguintes equações empíricas:

- a) $\text{Ca}^{2+} = -0,1105 + 2,7444 \text{CE}_a$ $r^2 = 0,72$; ** $p = 0,01$
 b) $\text{Mg}^{2+} = -0,4662 + 2,3177 \text{CE}_a$ $r^2 = 0,73$; ** $p = 0,01$

REFERÊNCIAS

- Ayers RS & Westcot DW (1999) A qualidade da água na agricultura. Tradução de: Gheyri HR, König A, Ceballos BSO & Damasceno FAV. Campina Grande, Universidade Federal da Paraíba. 153p. (Estudos FAO 29, 1999).
- Bartone C & Arlosoroff S (1987) Irrigation reuse of pond effluents in developing countries. *Water Science and Technology* 19 (12): 289-297.
- Feigin A, Ravina I & Shalhevet J (1991) Sources, treatment, processes and uses of sewage effluent. In: Feigin A, Ravina I & Shalhevet J (Eds.) *Irrigation with treated sewage effluent*. Berlin, Springer-Verlag. p.3-33.
- Ferreira PA (2002) Qualidade de água e manejo água-planta em solos salinos. Brasília, ABEAS/DEA/UFV. 141 p. (ABEAS. Curso de engenharia e manejo de irrigação. Módulo, 10).

- Leon Suematsu G & Cavallini J M (1999) Tratamento e uso de águas residuárias. Tradução de: Gheyi HR, König A, Ceballos BSO & Damasceno FAV. Campina Grande, Universidade Federal da Paraíba. 109p.
- Maia CE, Morais ERC & Oliveira M (1998) Estimativa de algumas características químicas da água de irrigação pela condutividade elétrica nas regiões da chapada do Apodi e do Baixo Açu, Rio Grande do Norte. *Caatinga* 11: 59-63.
- Maia CE, Morais ERC & Oliveira M (2001) Classificação da composição iônica da água de irrigação usando regressão linear múltipla. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 5 (1): 55-59.
- Medeiros JF, Lisboa RA, Oliveira M, Silva Júnior MJ & Alves LP (2003) Caracterização das águas subterrâneas usadas para irrigação na área produtora de melão da Chapada do Apodi. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 7 (3): 469-472.
- Morais ERC, Maia CE & Oliveira M (1998) Qualidade da água para irrigação em amostras analíticas do banco de dados do departamento de solos e geologia da escola superior de agricultura de Mossoró, Mossoró-RN. *Caatinga* 11: 75-83.
- Nunes Filho J, Sousa AR, Sá Val & Lima BP (2000) Relações entre a concentração de íons e a salinidade de águas subterrâneas e superficiais, visando à irrigação, no sertão de pernambuco. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 4 (2): 189-193.
- Oliveira RA, Campelo PLG, Matos AT, Martinez MA & Cecon PR (2000) Influência da aplicação de águas residuárias de suinocultura na capacidade de infiltração de um solo podzólico vermelho-amarelo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 4(2): 263-267.
- Silva Júnior LGA, Gheyi HR & Medeiros JF (1999) Composição química de águas do cristalino do nordeste brasileiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 3 (1):11-17.
- Tajrishy MA, Hills DJ & Tchobanoglous G (1994) Pretreatment of secondary effluent for drip irrigation. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 120(4):716-731.

Aceito para publicação em 13/06/2006