

## ANÁLISE DE UM EFLUENTE DE ESGOTO TRATADO E SEU EFEITO EM PROPRIEDADES QUÍMICAS DE UM NEOSSOLO QUARTZARÊNICO

*Amanda Micheline Amador de Lucena*

Bióloga, doutoranda em Recursos Naturais, UFCG, CEP 58109-970, Campina Grande, PB, e-mail: amandaamador@ig.com.br

*Hugo Orlando Carvalho Guerra*

Prof. Titular, UFCG, Departamento de Engenharia Agrícola, CEP 58109-970, Campina Grande, PB, e-mail: hugo\_carvalho@hotmail.com

*Lúcia Helena Garófalo Chaves*

Profa. Titular, UFCG, Departamento de Engenharia Agrícola, CEP 58109-970, Campina Grande, PB, e-mail: lhgarofalo@hotmail.com

*Fabiana Xavier Costa*

Bióloga, doutoranda em Recursos Naturais, UFCG, CEP 58109-970, Campina Grande, PB, e-mail: faby.xavier@ig.com.br

**RESUMO** - Inicialmente foi analisado um efluente de esgoto tratado e em seguida conduzido um experimento em casa de vegetação para comparar os possíveis efeitos da irrigação com este efluente e com água de abastecimento em algumas propriedades químicas de um Neossolo Quartzarênico. O experimento foi conduzido em delineamento experimental inteiramente casualizado, com dois tratamentos e dez repetições, em que os tratamentos se constituíram da aplicação de água de abastecimento e de efluente de esgoto tratado em vinte unidades experimentais (sacos plásticos com capacidade de 2 L). Amostras de solo das unidades experimentais coletadas no início e no final do experimento, amostras da água e do efluente de esgoto tratado, foram submetidas às análises químicas. O efluente utilizado pode ser utilizado na irrigação de culturas e quando comparado com a água de abastecimento, a irrigação com o efluente de esgoto tratado produziu no solo, nas condições do experimento: a) aumento dos teores de P e matéria orgânica do solo, b) aumento do conteúdo de sódio, da percentagem de sódio trocável e, consequentemente do pH do solo e c) aumento da soma de bases trocáveis e da capacidade de troca catiônica do solo.

**Palavras-chave:** Água residuária, meio ambiente, casa de vegetação.

## ANALYSIS OF A TREATED SEWAGE EFFLUENT AND ITS EFFECT ON THE CHEMICAL PROPERTIES OF A TYPIC QUARTZIPSAMMENT SOIL

**ABSTRACT** - A treated sewage effluent was initially analyzed and after that an experiment was carried out to evaluate the effects of the irrigation using this effluent on some chemical properties of a Typic Quartzipsamment soil, in a greenhouse. The experiment was accomplished in a completely randomized design with two treatments and ten replications. The treatments consisted of applying normal water and treated sewage effluent in twenty experimental units (plastic bags with capacity of 2 L). Soil samples from experimental units, collected before and after experiment, tap water and treated sewage effluent samples were chemically analyzed. Results indicated that treated sewage effluent can be used for crop irrigation. When compared to water, irrigation with treated sewage effluent produced in the soil, under the study conditions: a) increase in the P and organic matter contents in the soil; b) increase in the sodium contents, exchangeable sodium percentage and, consequently, in the soil pH; and c) increase on the sum of exchangeable basis and on the exchangeable cationic capacity.

**Key words:** sewage, environment, greenhouse

### INTRODUÇÃO

A oferta de recursos hídricos em todas as regiões do mundo, devido à demanda crescente produzida pela explosão demográfica e economi-

ca das sociedades modernas, tem diminuído quantitativa e qualitativamente. Seus efeitos têm sido mais expressivos nas regiões áridas e semi-áridas, onde a água é um fator limitante do desen-

volvimento, principalmente o agrícola. Uma forma de assegurar as necessidades de água para a irrigação é a reutilização dos esgotos das cidades após sua coleta e tratamento. Segundo Oron (1996), o uso do efluente de esgoto tratado na agricultura vem ganhando importância porque pode resolver, em parte, a falta de água potável; grandes quantidades deste estão disponíveis o ano todo e ainda, contribui com nutrientes para as plantas. A presença de nutrientes nesse efluente é um aspecto favorável em se tratando da irrigação de culturas agrícolas e florestais, porém indesejável para o lançamento do mesmo em corpos de água devido à presença de alguns constituintes como, por exemplo, os metais pesados, os quais podem causar um impacto ambiental negativo.

Vários trabalhos têm mostrado que o uso de efluente de esgoto tratado na agricultura pode aumentar a produtividade agrícola em até 60% devido a seu considerável conteúdo de nitrogênio, tanto na forma orgânica como mineral, cálcio, magnésio e fósforo (JOHNS & McCONCHIE, 1994; HESPANHOL, 2002; KOURAA *et al.*, 2002; MELI *et al.*, 2002; AZEVEDO & OLIVEIRA, 2005). No entanto, a utilização desse efluente por longo período de tempo é preocupante uma vez que pode alterar, de forma maléfica, as características físicas e químicas dos solos principalmente pela presença de sódio (FEIGIN *et al.*, 1991). Áreas, por vários anos, irrigadas com efluente de esgoto tratado têm apresentado altas concentrações de nitrato, cálcio, fósforo (JOHNS & McCONCHIE, 1994; ORTEGA-LARROCEA *et al.*, 2001) e sódio (YADAV *et al.*, 2002). Da mesma forma tem-se observado aumento nos valores de pH dos solos (FALKINER & SMITH, 1997; SMITH *et al.*, 1996). No entanto, segundo Kouraa *et al.* (2002), a irrigação num curto período de tempo não altera as características físicas e

químicas dos solos.

Segundo Leon & Cavallini (1999), os cultivos florestais, sejam para fins de madeiras ou vegetação, são menos exigentes quanto à qualidade do efluente de esgoto tratado já que não são comestíveis e não são inseridos em contato direto com o público e animais. Portanto, o uso de efluente de esgoto tratado, nos viveiros florestais, pode ser uma alternativa ecologicamente correta, com benefícios significativos.

A recomendação de uso de um determinado efluente de esgoto tratado, mesmo que seja na irrigação de mudas de essências florestais, exige conhecimentos prévios do mesmo. Dentro deste contexto, o trabalho teve como objetivos analisar a qualidade do efluente de esgoto tratado, proveniente da Estação de Tratamento de Efluentes de Esgoto e Resíduos Sólidos do município de Campina Grande, PB, e comparar os possíveis efeitos da irrigação com o referido efluente e com água de abastecimento em algumas propriedades químicas de um Neossolo Quartzarênico, a fim de subsidiar as decisões sobre sua recomendação.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em casa de vegetação, localizada na Estação de Tratamento de Efluentes de Esgoto e Resíduos Sólidos conhecida como Programa de Saneamento Básico (PROSAB), no município de Campina Grande, PB, tendo como coordenadas geográficas 7° 15' 18" latitude sul e 35° 52' 28" longitude oeste e clima do tipo "Csa" (Coelho & Soncin, 1982). Utilizaram-se amostras de Neossolo Quartzarênico (EMBRAPA, 1999), coletadas na profundidade de 0 – 20 cm, secadas ao ar, peneiradas em malha de 2 mm de abertura e caracterizada quimicamente conforme descrito em EMBRAPA (1997) (Tabela 1). As unidades experimentais

Tabela 1. Características da água de abastecimento, do efluente de esgoto tratado e faixas de concentrações de efluente tratado, normalmente encontradas.

| Atributos Químicos                              | Água | Efluente de esgoto tratado | Faixa normalmente encontrada no Efluente* |
|---|------|----------------------------|---|
| pH  | 7,89 | 7,79                       | 7,8 – 8,1                                 |
| Na, mg L <sup>-1</sup>                          | 39   | 193                        | 50 – 250                                  |
| K, mg L <sup>-1</sup>                           | 6    | 29                         | 10 – 40                                   |
| Ca, mg L <sup>-1</sup>                          | 113  | 135                        | 20 – 120                                  |
| Mg, mg L <sup>-1</sup>                          | 76   | 134                        | 10 – 50                                   |
| P total, mg L <sup>-1</sup>                     | 0,09 | 5,51                       | 6 – 17                                    |
| Nitrogênio-amônia, mg L <sup>-1</sup>           | 0,88 | 45                         | 1 – 40                                    |
| Nitrogênio-nitrato, mg L <sup>-1</sup>          | 0,18 | 0,47                       | 0 – 10                                    |
| CE, dS m <sup>-1</sup>                          | 0,59 | 1,36                       | -   |
| RAS, (mmol L <sup>-1</sup> ) <sup>0,5</sup>     | 0,60 | 2,80                       | -   |
| Sólidos Totais, mg L <sup>-1</sup>              | 454  | 877                        | 400 – 1200                                |
| Sólidos Suspensos Totais, mg L <sup>-1</sup>    | 5    | 36                         | 10 – 100                                  |
| Demanda Química de Oxigênio, mg L <sup>-1</sup> | 30   | 197                        | 100 – 180                                 |

\*Fonte: FEIGIN *et al.* (1991)

constituíam-se de sacos plásticos com capacidade para 2 L nos quais foi acondicionado o solo que permaneceu, durante todo o período experimental, 100 dias, com umidade correspondente a 80% da capacidade de campo, simulando o ambiente de formação de mudas de essências florestais. Diariamente as unidades experimentais, que permaneceram abertas, eram pesadas e de acordo com a necessidade de se manter a umidade inicial, eram irrigadas. O experimento, com dois tratamentos e dez repetições, constituiu-se de vinte unidades experimentais sendo dez delas irrigadas com água de abastecimento e as outras dez irrigadas com efluente de esgoto tratado proveniente do reator UASB do PROSAB. A água e o efluente utilizados foram analisados segundo a metodologia recomendada pela APHA (1995) (Tabela 1). Transcorrido o período experimental, foram coletadas amostras de solo de cada unidade experimental e submetidas às análises químicas de acordo com as recomendações da EMBRAPA (1997). As variáveis de solo analisadas foram: pH, Na, K, Ca, Mg, P total, H + Al e Matéria Orgânica (MO), tendo sido calculado a Soma de Bases (SB), a Capacidade de Troca de Cátions (CTC), a Porcentagem de Bases Trocáveis (V%) e a Porcentagem de Sódio Trocável (PST).

As características da água de abastecimento, do efluente de esgoto tratado e as faixas de concentrações comumente encontrados nos efluentes tratados são apresentados na Tabela 1.

O experimento foi conduzido em delineamento experimental inteiramente casualizado. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da água de abastecimento e do efluente de esgoto tratado mostra que as concentrações de todas as variáveis foram maiores no efluente, tendo, no entanto, o mesmo apresentado menor valor de pH, contudo, dentro da faixa geralmente encontrada nos efluentes, como corroborado pelos resultados de Santos (2004). Com base nas faixas de concentração dos constituintes de efluente tratado comumente encontradas, pode-se observar que os teores de cálcio, magnésio e nitrogênio na forma amoniacal do efluente tratado usado no estudo estão acima dos limites máximos comumente encontrados e os restantes encontram-se dentro dos limites permitidos (FEIGIN *et al.*, 1991). No entanto, para o tipo de solo utilizado no estudo, os teores de cálcio e magnésio nos efluentes de esgoto tratado acima

dos limites máximos, não chegam a ser prejudiciais. Vários estudos têm mostrado a importância da irrigação com efluentes no sentido de suprir, em parte, as quantidades dos elementos, principalmente, nitrogênio, fósforo e potássio, requeridos pelas culturas, chegando a aumentar a produtividade agrícola (HESPANHOL, 2002; KOURAA *et al.*, 2002; MELI *et al.*, 2002).

A avaliação da qualidade da água de abastecimento e do efluente de esgoto tratado, quanto ao potencial de salinização do solo, aos problemas de infiltração, à toxicidade do sódio e ao efeito do pH sobre as culturas, é baseada nas diretrizes propostas por Ayers & Westcot (1987). Essas diretrizes têm caráter prático e são usadas na agricultura irrigada para avaliar os constituintes das águas superficiais, subterrâneas, de drenagem e efluentes de esgoto tratado.

O valor de condutividade elétrica (CE), o qual indica o nível de sais na água e/ou no efluente, permite dizer que a água utilizada no trabalho não apresenta risco algum para a salinização dos solos, já que seu valor, 0,59 dS m<sup>-1</sup>, está dentro da faixa de normalidade, ou seja, é menor do que 0,7 dS m<sup>-1</sup>. O valor da CE do efluente de esgoto tratado, 1,36 dS m<sup>-1</sup> faz com que o mesmo seja classificado como moderado quanto ao risco de salinização.

Os riscos de haver problemas de infiltração no solo causados pela sodicidade da água e/ou do efluente são avaliados, segundo Ayers & Westcot (1987), com base nos valores da razão de adsorção de sódio (RAS) e da CE. A aplicação contínua da água de abastecimento, com CE de 0,59 dS m<sup>-1</sup> e uma RAS de 0,60 (mmol L<sup>-1</sup>)<sup>0,5</sup> (Tabela 1), utilizada neste trabalho, pode, ao longo do tempo, causar problemas de infiltração ao mesmo, decorrente da sodicidade. Ao contrário, o uso do efluente de esgoto, com uma CE de 1,36 dS m<sup>-1</sup> e uma RAS de 2,80 (mmol L<sup>-1</sup>)<sup>0,5</sup> (Tabela 1), não apresenta características que venham causar tais problemas ao solo de acordo com os critérios de Ayres & Westcot (1987).

Em relação ao sódio (Na), sua concentração na água é considerada baixa não ocasionando, portanto, problemas de toxicidade às plantas que venham a ser irrigadas com ela; no efluente de esgoto tratado, como a concentração do elemento é maior, considerada média, o seu uso já representa risco de toxicidade às plantas da mesma forma que pode sodificar o solo com alteração da estrutura do mesmo e, conseqüente, redução da infiltração de água. De acordo com os valores de pH, não há restrição para o uso da água nem do efluente (Tabela 1).

A Tabela 2 apresenta um resumo das análises de variância dos atributos químicos do solo para os tratamentos estudados. Observa-se que, com exceção do Ca e do H + Al, os testes F deram resultados significativos para os tratamentos. A vista disso rejeita-se a hipótese da nulidade e se aceita como comprovado que há diferenças reais e não casuais entre os tratamentos.

semelhantes foram obtidos por Smith *et al.* (1996), Falkiner & Smith (1997), Magesan *et al.* (2000) e Azevedo & Oliveira (2005). Apesar da diferença entre os valores de pH do solo não ter sido elevada, ou seja, inferior a uma unidade, diferenças dessa ordem têm sido consideradas na literatura como sendo significativas, refletindo o efeito da irrigação com água ou efluente de esgo-

Tabela 2. Resumo das Análises de Variância dos resultados experimentais correspondentes aos atributos químicos do solo.

| Atributos Químicos | Soma dos Quadrados | Quadrado Médio | F                  | CV(%) |
|--------------------|--------------------|----------------|--------------------|-------|
| pH                 | 0,36               | 0,36           | 7,44* <sup>1</sup> | 3,54  |
| Ca                 | 1,25               | 1,25           | 0,97 ns            | 8,12  |
| Mg                 | 2,45               | 2,45           | 25,34**            | 4,23  |
| K                  | 0,25               | 0,25           | 34,11**            | 11,56 |
| Na                 | 206,21             | 206,21         | 8681,33**          | 2,23  |
| SB                 | 237,91             | 237,91         | 195,47**           | 3,80  |
| H + Al             | 1,51               | 1,51           | 3,99 ns            | 6,14  |
| CTC                | 201,55             | 201,55         | 71,71**            | 4,29  |
| V                  | 159,22             | 159,21         | 159,21**           | 0,77  |
| PST                | 931,34             | 931,34         | 152,95**           | 14,37 |
| P                  | 262,01             | 262,01         | 88,52**            | 15,14 |
| MO                 | 185,62             | 185,62         | 287,89**           | 8,34  |

<sup>1</sup> \*\*, \*, significativo ao nível de 1 e 5% de probabilidade, respectivamente; ns, não significativo

A Tabela 3 mostra as médias dos atributos químicos do Neossolo Quartzarênico, no início e no final do experimento em função dos tratamentos. No início do experimento o solo apresentava uma reação moderadamente ácida segundo EMATER (1979), no entanto, no final do experimento,

to tratado sobre os valores de pH do solo após vários anos de irrigação (SANTOS, 2004).

O teor do sódio trocável (Na) aumentou nas unidades experimentais que foram irrigadas com efluente de esgoto tratado; o aumento foi coerente com o fato do Na estar presente tanto na água

Tabela 3. Atributos químicos do Neossolo Quartzarênico, no início e no final do experimento em função dos tratamentos.

| Atributos Químicos                         | Solo no início do experimento | Solo no final do experimento       |   |
|--|-------------------------------|------------------------------------|---|
|  |                               | Irrigado com água de abastecimento | Irrigado com efluente de esgoto tratado |
| pH (H <sub>2</sub> O)                      | 5,7                           | 6,1                                | 6,4                                     |
| Ca, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>     | 9,0                           | 14,25 a                            | 13,75 a                                 |
| Mg, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>     | 4,0                           | 7,0 b                              | 7,7 a                                   |
| K, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>      | 0,71                          | 0,63 b                             | 0,85 a                                  |
| Na, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>     | 0,50                          | 3,70 b                             | 10,12 a                                 |
| SB, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>     | 14,21                         | 25,58 b                            | 32,47 a                                 |
| H + Al, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> | 14,85                         | 10,30 a                            | 9,75 a                                  |
| CTC, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>    | 29,06                         | 35,88 b                            | 42,22 a                                 |
| V%   | 48,89                         | 71,31 b                            | 76,95 a                                 |
| PST, %                                     | 1,72                          | 10,34 b                            | 23,99 a                                 |
| P, mg dm <sup>-3</sup>                     | 1,78                          | 7,7 b                              | 14,99 a                                 |
| MO, g kg <sup>-1</sup>                     | 3,17                          | 6,7 b                              | 12,7 a                                  |

Médias seguidas das mesmas letras na horizontal não diferem significativamente, ao nível de 5% de probabilidade.

devido os valores de pH da água e do efluente utilizados e as reações químicas ocorridas nas unidades experimentais em decorrência dos elementos químicos adicionados a elas através da irrigação, a acidez do solo foi praticamente neutralizada, o que pode ser comprovado pelo aumento dos valores do pH do solo e pela diminuição das concentrações de H + Al. Resultados

como no efluente, e neste último em maior concentração (Tabela 1) o que provocou, entre os tratamentos, diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 3). Essa mesma diferença foi observada entre os valores de porcentagem de sódio trocável (PST), em função dos tratamentos, os quais aumentaram indicando uma sodificação do solo nas unidades experimentais

irrigadas, principalmente com o efluente de esgoto tratado, concordando com YADAV *et al.* (2002) e SANTOS (2004). O fato de não ter havido percolação das unidades experimentais, porque a umidade do solo foi mantida à 80% da capacidade de campo, também contribuiu para este aumento na concentração do sódio nestas unidades.

Os teores de potássio (K) do solo não foram estatisticamente influenciados pelos tratamentos e continuaram sendo classificados como baixos (EMATER, 1979). Segundo FEIGIN *et al.* (1991), a irrigação com efluente não satisfaz as necessidades das culturas por K, porém pode promover o aumento dos teores no solo, como ocorreu no presente trabalho (Tabela 3).

Os teores de cálcio e magnésio, classificados como baixos no início do experimento aumentaram em função dos tratamentos, no entanto, os teores de cálcio continuaram sendo classificados como baixos enquanto que, aqueles correspondentes ao magnésio, ficaram na faixa dos teores considerados médios, segundo Lopes & Guidolin (1989). Apesar dos aumentos observados, o tratamento com efluente de esgoto não influenciou os valores de cálcio de forma significativa quando comparado com a água de abastecimento, concordando com Azevedo & Oliveira (2005). Provavelmente isto se deve ao fato dos teores de cálcio, tanto na água como no efluente, serem semelhantes. O contrário pode ser observado para os teores de magnésio, ou seja, os tratamentos influenciaram de forma significativa os teores do elemento no solo. A concentração de magnésio por ser maior no efluente de esgoto tratado, quase que o dobro do que foi encontrado na água de abastecimento, contribuiu para um maior aumento da concentração do elemento no solo.

O aumento dos teores de alguns cátions trocáveis e a diminuição de H + Al, com os tratamentos, refletiram no aumento da soma de bases (SB) e conseqüentemente, na capacidade de troca catiônica (CTC) e na porcentagem de bases trocáveis (V%), tendo variado esses atributos de forma significativa ao nível de 1% de probabilidade (Tabela 3). A CTC continuou sendo classificada como baixa ( $< 45 \text{ mmol} \text{ d m}^{-3}$ ) e o V%, inicialmente baixo (26-50 %), após a irrigação, passou a ser classificado como alto (71-90 %). Porém, estes aumentos devem ser analisados com cautela em relação à melhoria da fertilidade do solo, uma vez que houve grande contribuição do elemento sódio neste aumento do V%.

O efluente de esgoto tratado, por apresentar fósforo e matéria orgânica na sua composição,

conforme deixa transparecer a Tabela 1, contribuiu para aumentar os teores de fósforo disponível (P) e de matéria orgânica (MO) do solo, de forma significativa (Tabela 3), apesar desses teores serem considerados baixos, segundo Lopes & Guidolin (1989). O aumento dos teores de P disponível em decorrência da irrigação com efluente de esgoto tratado é corroborado pelos resultados encontrados por Johns & Mcconchie (1994), Meli *et al.* (2002), Kouraa *et al.* (2002) e Azevedo & Oliveira (2005).

Apesar das variações dos teores dos elementos químicos do solo em função dos tratamentos, a literatura tem mostrado que a irrigação com efluente de esgoto tratado, num curto período de tempo (meses), não altera as características físicas e químicas do solo, ao contrário do que se tem observado em solos após vários anos sob irrigação com esse efluente (KOURAA *et al.*, 2002).

## CONCLUSÕES

O efluente de esgoto tratado, proveniente da Estação de Tratamento de Efluentes de Esgoto e Resíduos Sólidos do município de Campina Grande, PB, pode ser utilizado na irrigação de culturas implantadas em Neossolo Quartzarênico, de preferência em sistemas abertos, para que não haja acúmulo de sódio no solo.

Quando comparada com a água de abastecimento, a irrigação com efluente de esgoto tratado melhorou as propriedades químicas do Neossolo Quartzarênico no que diz respeito ao aumento do pH, da CTC e dos teores de P e matéria orgânica do solo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APHA – American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater. 19.ed. New York: APHA, WWA, WPCR, 1995. 1000p.
- AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **La calidad del agua en la agricultura**. Roma: FAO, 1987. 174p.
- AZEVEDO, L.P.; OLIVEIRA, E.L. Efeitos da aplicação de efluentes de tratamento de esgoto na fertilidade do solo e produtividade de pepino sob irrigação subsuperficial. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.1, p.253-263, 2005.
- COELHO, M.A.; SONCIN, N.B. **Geografia do Brasil**. São Paulo: Moderna, 1982. 358p.

EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL - EMATER. **Sugestões de adubação para o Estado da Paraíba: 1º aproximação.** João Pessoa: EMATER-PB, 1979. 56p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo.** 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Rio de Janeiro, 1999. 412p.

FALKINER, R.A.; SMITH, C.J. Changes in soils chemistry in effluent-irrigated *Pinus radiata* and *Eucalyptus grandis*. **Australian Journal of Soil Research**, Collingwood, 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.

HESPANHOL, I. Potencial de reuso de água no Brasil-agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v.7, n.4, p.75-95, 2002.

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 Agriculture Research**, Collingwood, v.45, p.1619-1638, 1994.

KOURAA, A.; FETHI, F.; FAHDE, A.; LAHLOU, A.; QUAZZANI, N. Reuse of urban wastewater treated by a combined stabilization pond system in Benslimane (Morocco). **Urban Water**, Londres, v.4, p.373-378, 2002.

LÉON, G.S.; CAVALLINI, J.M. **Tratamento e uso de águas residuárias.** Tradução de H.R.Gheyi; A.Konig, B.S.O. Ceballos, F.A. Damaceno, Campina Grande-PB: UFPB, 1999. 110p.

LOPES, A.S.; GUIDOLIN, J.A. **Interpretação de análise do solo: conceitos e aplicações.** 2.ed. São Paulo: Associação Nacional para Difusão de Adubos e Corretivos, 1989.64p.

MAGESAN, G.N.; WILLIAMSON, J.C.; YEATES, G.W.; LLOYD-JONES, A.Rh. Wastewater C:N ratio effects on soil hydraulic conductivity and potential mechanisms for recovery. **Bioresource Technology**, Texas, v.71, p.21-27, 2000.

MELI, S.; PORTO, M.; BELLIGNO, A.; BUFO, S.A.; MAZZATURA, A.; SCOPA, A. Influence of irrigation with lagooned urban wastewater on chemical and microbiological soil parameters in a citrus orchard under Mediterranean condition. **Science of the Total Environment**, Michigan, v.285, p.69-77, 2002.

ORON, G. Soil as complementary treatment component for simultaneous wastewater disposal and reuse. **Water Science & Technology**, Londres, v.34, p. 243-252, 1996.

ORTEGA-LARROCEA, M.P.; SIEBE, C.; BÉCARD, G.; MÉNDEZ, I.; WEBSTER, R. Impact of a century of wastewater irrigation on the abundance of arbuscular mycorrhizal spores in the soil of the Mezquital Valley of Mexico. **Applied Soil Ecology**, Dublin, v.16, p.149-157, 2001.

SANTOS, A.P.R. **Efeito da irrigação com efluente de esgoto tratado, rico em sódio, em propriedades químicas e físicas de um argissolo vermelho distrófico cultivado com capim-Tifton 85.** 2004. 35f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SMITH, C.J.; HOPMANS, P.; COOK, F.J. Accumulation of Cr, Pb, Cu, Ni, Zn and Cd in soil following irrigation with treated urban effluent in Australia. **Environment Pollution**, Cumbria, v.94, p.317-323, 1996.

YADAV, R.K.; GOYAL, B.; SHARMA, R.K.; DUBEY, S.K.; MINHAS, P.S. Post-irrigation impact of domestic sewage effluent on composition of soils, crops and ground water – a case study. **Environment International**, Cumbria, v.28, p.481-486, 2002.