

## Influência da aplicação de águas residuárias sobre a infiltração de água no solo

### *Influence of wastewater on water infiltration into the soil*

Ana Paula Almeida Bertossi

**Resumo:** A utilização de águas residuárias na agricultura de forma planejada pode proporcionar benefícios de proteção ao meio ambiente e a saúde pública. Porém, se utilizadas de forma indiscriminada, estas podem afetar alguns atributos do solo, como textura, densidade, estrutura e porosidade. Alta concentração de Na em relação ao Ca e Mg nas águas residuárias podem acarretar problemas de desestruturação do solo, dificultando o processo de infiltração da água devido à obstrução de poros. Por isso utiliza-se a Razão de Adsorção de Sódio para avaliar problemas de sodicidade. O cálculo desta característica leva em consideração os teores de Na, Ca e Mg, conjuntamente que associados à condutividade elétrica apontam o grau de restrição ao uso da água na agricultura com relação a possíveis problemas de infiltração de água no solo. Em geral, a capacidade de infiltração de um solo cresce com o aumento de sua salinidade e decresce com o aumento da razão de adsorção de sódio e/ou, com o decréscimo de sua salinidade, por isso deve-se sempre considerar esses dois fatores ao avaliar o efeito final da qualidade da água sobre a infiltração de água no solo. Diante do exposto, o objetivo desse trabalho foi descrever a influência da aplicação de águas residuárias sobre a infiltração de água no solo.

**Palavras-chave:** razão de adsorção de sódio, condutividade elétrica, argila dispersa, porosidade

**Abstract:** The use of wastewater in agriculture in a planned manner can provide protective benefits to the environment and public health. However, if used indiscriminately, they can affect some soil properties such as texture, density, porosity and structure. High concentration of Na relative to Ca and Mg in wastewater can lead to problems of soil disruption, hindering the infiltration of water due to clogged pores. So if you used the Sodium Adsorption Ratio to evaluate sodicity problems. The calculation of this feature takes into account the contents of Na, Ca and Mg, which jointly associated with electrical conductivity indicate the degree of restriction on use of water in agriculture in relation to potential problems of water infiltration into the soil. In general, the infiltration capacity of a soil increases with the increase of its salinity and decreases with increasing sodium adsorption ratio and/or with decreasing salinity, so one should always consider these two factors when assess the net effect of water quality on water infiltration into the soil. The aim of this study was to describe the influence of applying wastewater on water infiltration into the soil.

**Keywords:** sodium adsorption ratio, electrical conductivity, clay dispersion, porosity

## INTRODUÇÃO

A utilização de águas residuárias na agricultura de forma planejada pode proporcionar benefícios de proteção ao meio ambiente e a saúde pública. De acordo com Hespanhol (2008) alguns dos aspectos positivos do reuso de água na agricultura baseiam-se na redução do despejo de efluentes em corpos d'água, fornecimento parcial de nutrientes às plantas e acúmulo de matéria orgânica no solo.

Porém, se utilizadas de forma indiscriminada, as águas residuárias podem afetar alguns atributos do solo. Teores relativamente altos de sódio e/ou baixos de cálcio e magnésio na água podem causar dispersão de argila e obstrução do espaço poroso, reduzindo a infiltração de água no solo (PEDRERO et al., 2010).

Segundo Ayers & Westcot (1994) esses problemas variam em tipo e intensidade e dependem do solo, do

clima, da habilidade e conhecimento no manejo do sistema solo-água-planta por parte do usuário.

Dessa forma, torna-se necessário o conhecimento da composição química da água residuária utilizada e os mecanismos que atuam na alteração da infiltração de água no solo para que se possam adotar práticas adequadas de manejo e minimizar os impactos negativos sobre o solo e as plantas.

Diante do exposto, o objetivo desse trabalho foi descrever a influência da aplicação de águas residuárias sobre a infiltração de água no solo.

## MECANISMOS QUE ATUAM NA ALTERAÇÃO DA INFILTRAÇÃO

Problemas de infiltração de água no solo ocorrem quando a velocidade normal de percolação da água de irrigação ou de chuva reduz-se apreciavelmente, como consequência, esta permanece sobre o solo por um tempo

\*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 22/11/2013; aprovado em 04/12/2013

Doutoranda em produção vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo. E-mail: anapaulabertossi@yahoo.com.br

*Revista Verde (Mossoró – RN - BRASIL)*, v. 8, n. 5, p. 188 - 193, (Edição Especial) dezembro, 2013

demasiadamente longo ou se infiltra muito lentamente e a planta não recebe a água que necessita para produzir colheitas aceitáveis (AYERS & WESTCOT, 1994).

A infiltração de água no solo pode variar e depende de vários fatores como a qualidade da água utilizada, atributos do solo, quantidade de água residuária aplicada e clima local. Os fatores da qualidade da água que podem influir na infiltração são os teores totais de sais, os teores de sódio em relação aos teores de cálcio e magnésio e quantidade de matéria orgânica (TARCHOUNA et al., 2010). Já os fatores do solo são: textura, densidade, estrutura, porosidade e estabilidade dos agregados (LEAL et al., 2009).

De acordo com Gonçalves et al., (2007) problemas de infiltração relacionados à qualidade da água residuária demonstram a influência desta sobre alguns atributos do solo, como a estrutura e a porosidade, que podem ser modificados devido aos efeitos dispersantes do sódio, que é normalmente encontrado em altas concentrações nas águas residuárias.

O íon sódio, por ser monovalente aumenta a espessura da dupla camada difusa na superfície das argilas, reduzindo as forças de atração entre estas, com

consequente aumento da dispersão das partículas. Já o cálcio, por ser bivalente, possibilita uma dupla camada compacta, favorecendo a floculação da argila e a formação de agregados estáveis (ALMEIDA NETO, 2007).

Segundo Ayers & Westcot (1994), alta concentração de Na em relação ao Ca e Mg acarreta problemas de desestruturação do solo, dificultando o processo de infiltração da água devido à obstrução de poros. Por isso utiliza-se a Razão de Adsorção de Sódio (RAS) para avaliar problemas de sodicidade. O cálculo desta característica leva em consideração os teores de Na, Ca e Mg, conjuntamente (Equação 1). Os valores da RAS associados à condutividade elétrica (CE) apontam o grau de restrição ao uso da água na agricultura com relação a possíveis problemas de infiltração de água no solo (Tabela 1).

$$RAS = Na/\sqrt{((Ca + Mg)/2)} \quad (1)$$

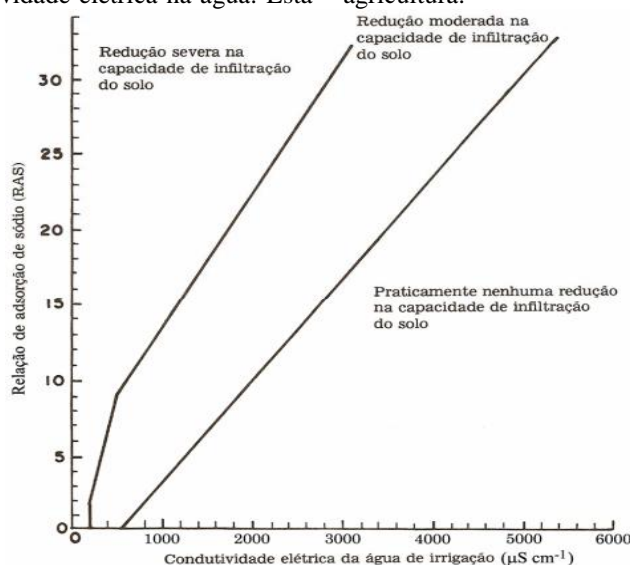
em que Na, Ca e Mg representam, respectivamente as concentrações de sódio, cálcio e magnésio em meq L<sup>-1</sup>, obtidas através da análise da água.

**Tabela 1.** Diretrizes para interpretação da qualidade da água para irrigação com base na RAS (razão de adsorção de sódio) e na condutividade elétrica (CE) (UNIVERSITY OF CALIFORNIA, 1974)

Intervalos de RAS e CE (dS m <sup>-1</sup> )		Grau de restrição ao uso		
		Nenhuma	Moderada	Severa
RAS = 0 a 3	e CE	>0,7	0,7 a 0,2	<0,2
RAS = 3 a 6	e CE	>1,2	1,2 a 0,3	<0,3
RAS = 6 a 12	e CE	>1,9	1,9 a 0,5	<0,5
RAS = 12 a 20	e CE	>2,9	2,9 a 1,3	<1,3
RAS = 20 a 40	e CE	>5,0	5,0 a 2,9	<2,9

Na Figura 1 estão apresentadas faixas de risco de redução da infiltração de água no solo em relação aos valores de RAS e de condutividade elétrica na água. Esta

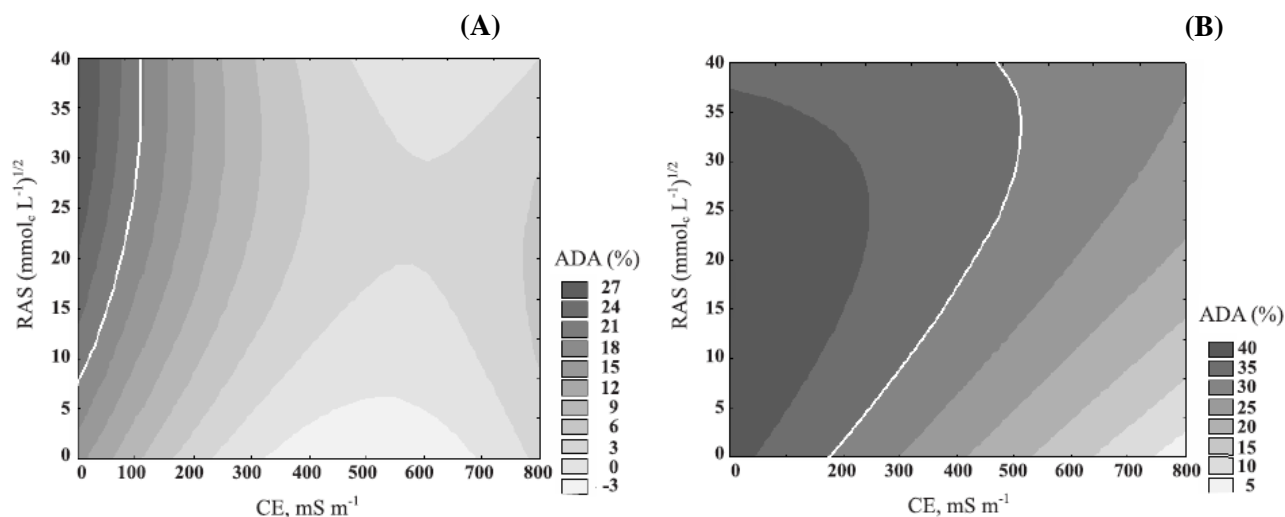
figura também pode ser utilizada para interpretação rápida do grau de restrição ao uso de águas residuárias na agricultura.



**Figura 1.** Redução relativa da infiltração de água no solo, provocada pela salinidade e razão de adsorção de sódio (RAS) (AYERS & WESTCOT, 1994)

Porém, os resultados apresentado na Figura 1 aplicam-se de forma mais eficiente a solos de clima temperado, os quais apresentam o predomínio de cargas negativas permanentes. Para as condições brasileiras, que apresentam, em sua maioria, solos com maior grau de intemperismo e colóides com carga elétrica variável, essa relação de RAS e CE apresentada na Figura 1 pode não demonstrar efetivamente a realidade, já que solos com maior grau de intemperismo possuem menor suscetibilidade aos riscos de dispersão de argila.

Dessa forma, Almeida Neto et al. (2009) estudaram o efeito da utilização de águas de irrigação, com diferentes salinidades (CE) combinadas com diferentes valores de RAS, na dispersão da argila de solos com diferentes mineralogias, representativos em termos de área de distribuição, do Estado de Minas Gerais, os quais observaram que o comportamento dos solos estudados foi diferenciado em relação à dispersividade da argila, o que foi associado à sua mineralogia, mas também ao grau de intemperização do solo, como apresentado na Figura 2.



**Figura 2.** Argila dispersa em água em função da RAS e da CE da solução de saturação e de percolação no solo: (A) Latossolo Vermelho perférrico típico (hematítico) e (B) Latossolo Vermelho distroférico típico (gibbsítico) (ALMEIDA NETO et al., 2009)

Em geral, a capacidade de infiltração de um solo cresce com o aumento de sua salinidade (CE) e decresce com o aumento da razão de adsorção de sódio (RAS) e/ou, com o decréscimo de sua salinidade (CE), por isso deve-se sempre considerar esses dois fatores ao avaliar o efeito final da qualidade da água sobre a infiltração de água no solo (BERNARDO et al., 2006).

Segundo Ayers & Westcot, (1994) águas com salinidade baixa, em torno de  $0,7 \text{ dS m}^{-1}$ , tendem a lixiviar os sais e minerais solúveis, incluindo os de cálcio, reduzindo sua influência positiva sobre a estabilidade dos agregados e estrutura do solo. Já quando o teor de sódio supera o de cálcio numa proporção acima de 3:1 (RAS alta ou  $>9$ ), pode ocorrer dispersão da argila e destruição da estrutura do solo. Este teor relativo de sódio provoca problemas sérios de infiltração nos primeiros centímetros do solo, da mesma maneira que uma salinidade muito baixa da água, o que se deve à falta de cálcio suficiente para contrabalançar os efeitos dispersantes do sódio.

Dessa forma, torna-se necessário o controle criterioso da água utilizada, principalmente quando esta apresentar baixa condutividade elétrica e elevada RAS. Pois, as partículas finas de um solo assim dispersado obstruem o seu espaço poroso, formando crostas superficiais, reduzindo acentuadamente a infiltração da água no meio e o suprimento de água para as plantas, podendo também

proporcionar problemas na germinação de sementes e emergência de plântulas (ALMEIDA NETO et al., 2009; MUYEN et al., 2011).

Além disso, a redução da infiltração de água no solo pode resultar em alagamentos e aumento do escoamento superficial, podendo provocar erosão e contaminação das águas superficiais (GONÇALVES et al., 2007).

Em contrapartida, a utilização de águas residuárias pode proporcionar a adição de matéria orgânica no solo, o que favorecerá os seus atributos físicos, como densidade, estabilidade dos agregados e porosidade total, favorecendo uma lixiviação adequada e impedindo a degradação do solo por acúmulo de sais (TZANAKAKIS et al., 2011).

Em regiões áridas e semiáridas, o impacto físico-químico das águas residuárias no solo pode ser aumentado ou acelerado pela grande demanda evaporativa dessas áreas, que concentra rapidamente os constituintes minerais e outros contaminantes trazidos pela água de irrigação (LEAL et al., 2009; SANDRI et al., 2009). Segundo Sebastian et al. (2009) os principais impactos negativos são a salinização do solo, a sodificação e mudanças estruturais, podendo resultar numa diminuição do rendimento das culturas.

Mas devido à escassez de água nessas áreas, o uso de efluentes, em muitas regiões áridas e semiáridas como no oeste do Irã tornou-se inevitável para compensar a

crescente demanda de outros setores, estando sujeitos aos impactos que estas podem causar no solo e plantas (JALALI et al., 2008).

Por outro lado, existem formas de prevenir e/ou tratar os impactos deletérios das águas residuais salinas e sódicas no solo e planta, como: seleção de culturas ou variedades tolerantes, irrigação de águas residuais em conjunto com água doce, de forma intercalada ou misturada e aplicação de corretivos, como o gesso (QADIR & DRECHSEL, 2010).

Portanto, a utilização de águas residuárias na agricultura deve ser feita com critérios baseados na qualidade da água, para que se possam evitar problemas de salinidade e sodificação, como a redução da infiltração de água no solo.

## RESULTADOS DE PESQUISAS

Diversos trabalhos demonstram a influência da aplicação de águas residuárias sobre a infiltração de água no solo e condutividade hidráulica, podendo ser observada em diferentes tipos de solos e texturas. Solos argilosos possuem maior probabilidade de ocorrência dos problemas relacionados à dispersão de argila e redução da infiltração de água no solo, como observado por Warrington et al. (2007) ao avaliarem a translocação de argila dentro do perfil do solo em função da irrigação intensiva com águas residuais tratadas.

Porém, mesmo em solos de textura média e arenosa estes efeitos podem ser observados. Gonçalves et al. (2007) ao utilizarem efluente doméstico para irrigar um solo com textura média verificaram redução significativa da condutividade hidráulica do solo, com mudanças na estrutura e porosidade. Já Tarchouna et al. (2010) observaram que a utilização de águas residuárias por um longo período também resultou em diminuição da condutividade hidráulica em um solo arenoso.

A aplicação excessiva de águas residuárias com baixo valor de condutividade elétrica e alto valor de RAS pode induzir o acúmulo de sódio no solo e promover a dispersão de argila (LEAL et al., 2009; CONDÉ et al., 2013). Erthal et al. (2010), avaliando as alterações físicas de um Argissolo através da aplicação de água residuária de bovinos verificaram a ocorrência de dispersão de argila do solo, por volta de 40%. Sendo observada maior dispersão na camada superficial do solo e com tendência de aumento com o tempo. Segundo os autores, este fato pode ser atribuído ao efeito acumulativo de sódio e potássio nesta camada, pois esses elementos dispersantes foram encontrados em concentrações maiores do que os elementos floculantes, favorecendo assim a dispersão.

Já Homem et al (2012) ao avaliarem a ocorrência de dispersão de argila em um Latossolo pela aplicação de águas residuárias de criatórios de animais, observaram que os índices de dispersão do solo apresentaram valores em torno de 61%, mostrando-se um valor bem elevado, ou seja, mais da metade da argila do solo foi dispersa.

A aplicação de água residuária além de causar a dispersão da argila e deterioração da estrutura do solo, também pode aumentar a capacidade de retenção de água e redução da condutividade hidráulica do solo (BEDBABIS et al., 2014). Souza et al. (2010) ao estudarem a alteração nas características físicas do solo decorrentes da aplicação de esgoto doméstico tratado observaram que houve aumento na capacidade de retenção de água no solo, atribuído ao acréscimo de microporos e redução da condutividade hidráulica, devido a redução da macroporosidade.

Varalho et al. (2010) ao avaliarem as alterações nos atributos físicos e químicos de um Latossolo após a aplicação de esgoto doméstico, observaram aumento progressivo dos valores de sódio (Na) cujo o excesso diminuiu a permeabilidade do solo, reduzindo a condutividade hidráulica em 28,3%, valor que poderia dificultar o desenvolvimento de culturas através da absorção de água, de nutrientes e aeração.

Essa baixa disponibilidade de água na zona radicular ocasionada pelos problemas de infiltração de água no solo também podem afetar o rendimento das culturas, como observado por Dakouré et al. (2013), na qual a irrigação com águas residuais domésticas altamente sódicas e alcalinas reduziram o rendimento das berinjelas em 50 % entre o primeiro e segundo ano de irrigação com água residuária.

Segundo Bedbabis et al. (2014) a redução da infiltração de água no solo pode ser atribuída a ocorrência de um selamento superficial devido o acúmulo de sólidos em suspensão e argila dispersa, que obstruem o poros do solo.

Considerando a relevância agrônomo-ambiental da dispersão de argila e seu aumento em curto prazo, o monitoramento contínuo das mudanças físico-químicas no solo após irrigação é de grande importância para uma utilização de águas residuárias de forma sustentável na agricultura, para que não haja problemas de infiltração de água e restrição das opções de uso do solo (LEAL et al., 2009).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de águas residuais na agricultura é uma prática que tem crescido ao longo das últimas décadas. Porém, torna-se necessário o conhecimento da qualidade da água aplicada e os efeitos que esta pode causar no solo.

Águas residuárias com elevado teor de sódio em relação ao cálcio e magnésio e baixa condutividade elétrica podem causar sérios problemas ao solo, como: dispersão da argila, destruição da estrutura do solo, obstrução dos poros, redução da macroporosidade, selamento superficial, redução da infiltração de água no solo, menor quantidade de água disponível às plantas, aumento do escoamento superficial e contaminação das águas superficiais.

Dessa forma, torna-se imprescindível um acompanhamento regular da qualidade da água utilizada e

dos atributos físicos e químicos do solo, para que medidas de manejo sejam adotadas, a fim de reduzir ou tratar os possíveis impactos sobre o meio ambiente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA NETO, O. B. **Dispersão da argila e condutividade hidráulica em solos com diferentes mineralogias, lixiviados com soluções salino-sódicas**. 2007. 83f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.
- ALMEIDA NETO, O. B.; MATOS, A. T.; ABRAHÃO, W. A. P.; COSTA, L. M.; DUARTE, L. Influência da qualidade da água de irrigação na dispersão da argila de Latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 1571-1581, 2009.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **Water Quality for Agriculture**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 1994. (Serie: FAO Irrigation and Drainage Papers - 29) Disponível em <<http://www.fao.org/DOCREP/003/T0234E/T0234E00.htm#TOC>>. Acesso em: 01 mar. 2014.
- BEDBABIS, S.; ROUINA, B. B.; BOUKHRIS, M.; FERRARA, G. Effect of irrigation with treated wastewater on soil chemical properties and infiltration rate. **Journal of Environmental Management**, v. 133, p. 45-50, 2014.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa: UFV, 2006. 625 p.
- CONDÉ, M. S.; ALMEIDA NETO, O. B.; HOMEM, B. G. C.; FERREIRA, I. M.; SILVA, M. D. Impacto da fertirrigação com água residuária da suinocultura em um Latossolo Vermelho-amarelo. **Vértices**, Campos dos Goytacazes, v.15, n. 2, p. 161-178, 2013.
- DAKOURÉ, M. Y. S.; MERMOUD, A.; YACOUBA, H.; BOIVIN, P. Impacts of irrigation with industrial treated wastewater on soil properties. **Geoderma**, v. 200-201, p. 31–39, 2013.
- ERTHAL, V. J. T.; FERREIRA, P. A.; MATOS, A. T.; PEREIRA, O. G. Alterações físicas e químicas de um Argissolo pela aplicação de água residuária de bovinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.5, p.467–477, 2010.
- GONÇALVES, R. A. B.; FOLEGATTI, M. V.; GLOAGUEM, T. V.; LIBARDI, P. L.; MONTES, C. R.; LUCAS, Y.; DIAS, C. T. S.; MELFI, A. J. Hydraulic conductivity of a soil irrigated with treated sewage effluent. **Geoderma**, v. 139, p. 241–248, 2007.
- HESPANHOL, I. Um novo paradigma para a gestão de recursos hídricos. **Estudos avançados**, v. 22, n.63, p. 131-158, 2008.
- HOMEM, B. G. C.; ALMEIDA NETO, O. B.; SANTIAGO, A. M. F.; SOUZA, G. H. Dispersão da argila provocada pela fertirrigação com águas residuárias de criatórios de animais. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.2, n.1, p.89-98, 2012.
- JALALI, M.; MERIKHPOUR H.; KALEDHONKAR, M. J.; VAN DER ZEE, S. E. A. T. M.; Effects of wastewater irrigation on soil sodicity and nutrient leaching in calcareous soils. **Agricultural Water Management**, v. 95, p. 143-153, 2008.
- LEAL, R. M. P.; HERPIN, U.; FONSECA, A. F.; FIRME, L. P.; MONTES, C. R.; MELFI, A. J. Sodicity and salinity in a Brazilian Oxisol cultivated with sugarcane irrigated with wastewater. **Agricultural Water Management**, v. 96, p. 307-316, 2009.
- MUYEN, Z.; MOORE, G. A.; WRIGLEY, R. J. Soil salinity and sodicity effects of wastewater irrigation in South East Australia. **Agricultural Water Management**, v. 99, p. 33–41, 2011.
- PEDRERO, F.; KALAVROUZOTIS, I.; ALARCÓN, J. J.; KOUKOULAKIS, P.; ASANO, T. Use of treated municipal wastewater in irrigated agriculture - Review of some practices in Spain and Greece. **Agricultural Water Management**, v. 97, p.1233–1241, 2010.
- QADIR, M.; DRECHSEL, P. Managing salts while irrigating with wastewater. **CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources**, v. 5, n. 16, p. 1–14, 2010.
- SANDRI, D.; MATSURA, E.E.; TESTEZLAF, R. Alteração química do solo irrigado por aspersão e gotejamento subterrâneo e superficial com água residuária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 6, p. 755–764, 2009.
- SEBASTIAN, S.P.; UDAYASOORIAN, C.; JAYABALAKRISHNAN, R.M; PARAMESWARI, E. Performance of sugarcane varieties under organic amendments with poor quality irrigation water. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 3, p. 1674–1684, 2009.

- SOUZA, J. A. A.; BATISTA, R. O.; RAMOS, M. M.; SOARES, A. A. Alteração nas características físicas do solo decorrentes da aplicação de esgoto doméstico tratado. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 32, n. 4, p. 361-366, 2010.
- TARCHOUNA, L. G.; MERDY, P.; RAYNAUD, M.; PFEIFER, H. F.; LUCAS, Y. Effects of long-term irrigation with treated wastewater. Part I: Evolution of soil physico-chemical properties. **Applied Geochemistry**, v. 25, p. 1703–1710, 2010.
- TZANAKAKIS, V. A.; PARANYCHIANAKIS, N. V.; LONDRA, P. A.; ANGELAKIS, A. N. Effluent application to the land: Changes in soil properties and treatment potential. **Ecological Engineering**, v. 37, p.1757-1764, 2011.
- UNIVERSITY OF CALIFORNIA. Committee of consultants. **Guideline for Interpretation of Water Quality for Agriculture**. Davis, 1979. 13 p.
- VARALHO, A. C. T.; CARVALHO, L.; SANTORO, B. L.; SOUZA, C. F. Alterações nos atributos de um Latossolo Vermelho-amarelo irrigado com água de reuso. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.4, p.372–377, 2010.
- WARRINGTON, D.N; GOLDSTEIN, D.; LEVY, G.J. Clay translocation within the soil profile as affected by intensive irrigation with treated wastewater. **Soil Science**, v. 172, n. 9, p. 692–700, 2007.