

II-001 - ALTERAÇÕES QUÍMICAS EM SOLO CULTIVADO COM GRAMA ESMERALDA (*ZOYSIA JAPONICA*) E IRRIGADO COM EFLUENTE DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Jaíza Ribeiro Mota e Silva⁽¹⁾

Engenheira Ambiental e Sanitarista pela Universidade Federal de Lavras. Mestre em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas pela Universidade Federal de Lavras. Doutoranda em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas na Universidade Federal de Lavras.

Luiz Fernando Coutinho de Oliveira⁽²⁾

Engenheiro Agrícola pela Universidade Federal de Lavras. Mestre em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Lavras. Doutor em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Lavras. Professor Titular na Universidade Federal de Lavras.

Ronaldo Fia⁽³⁾

Engenheiro Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal de Viçosa. Doutor em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa. Professor Associado na Universidade Federal de Lavras.

Endereço⁽¹⁾: Campus Universitário, Caixa Postal 3037, Departamento de Engenharia, Laboratório de Hidráulica - Lavras - MG - CEP: 37200-000 - Brasil - Tel.: (35) 3829-1684 - e-mail: jaiza.silva@posgrad.ufla.br

RESUMO

Este estudo teve como objetivo avaliar as alterações químicas em solo cultivado com grama Esmeralda (*Zoysia japonica*) em resposta à aplicação de diferentes taxas de efluente proveniente da Estação de Tratamento de Esgoto da Universidade Federal de Lavras. Avaliou-se o pH, condutividade elétrica (CE), matéria orgânica (MO), nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), sódio (Na), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) do solo. O esquema experimental adotado foi o delineamento em blocos casualizados, com cinco tratamentos e quatro repetições. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, empregando-se o teste F, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, ambos a 5% de probabilidade. Após análise, verificou-se que a aplicação do efluente nas diferentes taxas proporcionou aumento significativo nos valores de pH, K, Ca, Mg, e Na do solo. No entanto, recomenda-se que a aplicação do efluente seja avaliada por períodos de monitoramento superiores ao realizado neste trabalho, visto que é importante observar as variações climáticas, as condições do solo e o efeito da aplicação do efluente em longo prazo.

PALAVRAS-CHAVE: Efluente doméstico, reúso de água, fertilidade do solo.

INTRODUÇÃO

O aumento da população, associado ao desenvolvimento socioeconômico, estabeleceram novos patamares de demanda e uso da água, ampliando a pressão sobre os recursos hídricos. A poluição dos mananciais, a precariedade da infraestrutura de esgotamento sanitário e abastecimento de água, as mudanças climáticas, o desmatamento, o assoreamento dos rios, o uso inadequado de irrigação e a impermeabilização do solo, entre tantas outras ações do homem moderno, são responsáveis pela escassez e degradação da qualidade da água em nível mundial (TUNDISI, 2008).

A Organização Mundial da Saúde estima que 50% da população mundial viverá em regiões de escassez de água em 2025 (WHO, 2017). Sempre que a água com qualidade requerida para determinado uso torna-se um recurso escasso, são buscadas alternativas de suplementação ou de redução do consumo para que seja restabelecido o equilíbrio entre a oferta e a demanda. Nessas circunstâncias, a utilização de águas residuárias tratadas pode ajudar a mitigar os efeitos prejudiciais dos déficits hídricos locais (FAO, 2010).

A utilização de águas residuárias tratadas, para propósitos de uso não potável, representa um potencial a ser explorado em substituição à utilização de água tratada e potável. Além do Brasil, países como Itália e Espanha estão investindo em pesquisas buscando viabilizar a irrigação com águas residuárias tratadas devido ao seu



potencial econômico e benefícios ambientais (PEREIRA et al., 2011; CIRELLI et al., 2012; PEDRERO et al., 2012; SOUZA et al., 2015).

Por se tratar de uma fonte de água e nutrientes que reduz significativamente os custos de produção das culturas e minimiza os impactos ambientais do descarte do efluente, a aplicação de esgotos domésticos tratados no sistema solo-planta é uma prática que merece atenção. O manejo inadequado da aplicação pode apresentar aspectos negativos que vão desde modificações nas características físico-químicas do solo até riscos de contaminação por agentes patogênicos, dependendo do tipo de tratamento e da forma de aplicação do efluente (EMONGOR et al., 2005).

Este estudo teve como objetivo avaliar as alterações químicas em solo cultivado com grama Esmeralda (*Zoysia japonica*) em resposta à aplicação de diferentes taxas de efluente proveniente da Estação de Tratamento de Esgoto da Universidade Federal de Lavras.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de 18/07/2016 a 18/11/2016 em uma área gramada localizada ao lado da Estação de Tratamento de Esgoto da Universidade Federal de Lavras, no município de Lavras, no Estado de Minas Gerais, vegetada com grama Esmeralda. Foram delimitadas 20 parcelas de 1,0 m² (1 x 1 m) cada, espaçadas em 1,0 m entre si (Figuras 1 e 2).



Figura 1: Vista da área experimental antes do início da aplicação do efluente.

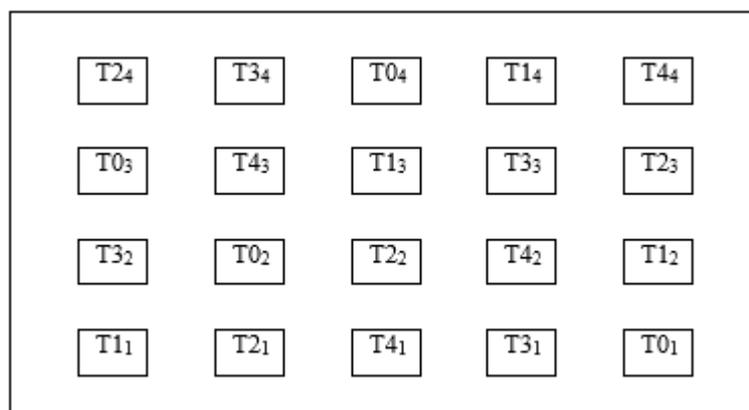


Figura 2: Distribuição das parcelas na área experimental.

O esquema experimental adotado foi o delineamento em blocos casualizados, com cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos compreenderam a aplicação de diferentes porcentagens do efluente da Estação de Tratamento de Esgoto da Universidade Federal de Lavras com base na lâmina de irrigação determinada, sendo: T0 - tratamento testemunha, para efeito comparativo (100% água da rede de abastecimento); T1 (75% água da rede de abastecimento + 25% efluente); T2 (50% água da rede de abastecimento + 50% efluente); T3 (25% água da rede de abastecimento + 75% efluente) e T4 (100% efluente).

O efluente utilizado foi proveniente da Estação de Tratamento de Esgoto da Universidade Federal de Lavras, após passar por tratamento secundário. Durante o período experimental, foram realizadas 16 coletas de amostras do efluente, determinando-se: potencial hidrogeniônico (pH) e condutividade elétrica (CE), por potenciometria; turbidez, por nefelometria; sólidos totais (ST) e em suspensão (SS), por gravimetria; demanda bioquímica de oxigênio (DBO), pelo método de Winkler; demanda química de oxigênio (DQO), pelo método do refluxo fechado; nitrogênio total Kjeldahl (NTK), pelo método do micro Kjeldahl; fósforo total (P), pelo método do vanadato-molibdato e coliformes totais (CT) e termotolerantes (CTer), pelo método dos tubos múltiplos (APHA, AWWA, WEF, 2012). Após digestão ácida, foram determinados: sódio (Na) e potássio (K), por fotometria de chama e cálcio (Ca) e magnésio (Mg), por espectrofotometria de absorção atômica (SILVA, 2009). Com base nas concentrações de Na, Ca e Mg foi determinada a razão de adsorção de sódio (RAS). As principais características do efluente estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Características do efluente aplicado no solo durante o período experimental.

Variável	Média ± Desvio padrão
pH	7,2 ± 0,4
CE (dS m ⁻¹)	0,7 ± 0,2
Turbidez (UNT)	6,3 ± 1,1
ST (mg L ⁻¹)	546,3 ± 51,9
ST fixos (mg L ⁻¹)	334,8 ± 18,9
ST voláteis (mg L ⁻¹)	211,5 ± 45,6
SS (mg L ⁻¹)	64,8 ± 46,9
DQO (mg L ⁻¹)	86,6 ± 42,7
DBO (mg L ⁻¹)	40,0 ± 17,7
NTK (mg L ⁻¹)	19,6 ± 4,7
P (mg L ⁻¹)	0,7 ± 0,3
CT (NMP 100 mL ⁻¹)	2,8x10 ⁹ ± 1,5x10 ⁹
CTer (NMP 100 mL ⁻¹)	2,7x10 ⁹ ± 1,6x10 ⁹
Na (mg L ⁻¹)	6,8 ± 1,7
K (mg L ⁻¹)	3,5 ± 0,8
Ca (mg L ⁻¹)	0,1 ± 0,01
Mg (mg L ⁻¹)	0,1 ± 0,02
RAS (mmol _c L ⁻¹) ^{1/2}	3,9 ± 1,5

A aplicação do efluente nas parcelas foi realizada manualmente, com o auxílio de regadores, três vezes por semana. As lâminas aplicadas foram determinadas pelo método do balanço hídrico (Equação 1), com base nos valores da evapotranspiração (453,7 mm) e da precipitação pluviométrica (290,9 mm) observados durante o período experimental (124 dias), considerando uma eficiência de aplicação de 100%, uma vez que não ocorreram perdas de água durante a aplicação.

$$LI = \Sigma (ET_i - P_i) \quad \text{Equação (1)}$$

em que,

LI - lâmina de irrigação, mm;

ET_i - evapotranspiração no período entre irrigações i, mm; e

P_i - precipitação no período entre irrigações i, mm.

A partir dos valores da lâmina de irrigação média (1,31 mm dia⁻¹) e da DBO média do efluente (40 mg L⁻¹), foram calculadas as taxas de aplicação do efluente, correspondendo a 0; 0,131; 0,262; 0,393 e 0,524 kg ha⁻¹ dia⁻¹ de DBO, referentes aos tratamentos T0, T1, T2, T3 e T4, respectivamente.



A evapotranspiração de referência (ET_o) foi estimada por meio da metodologia padronizada pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), empregando-se a equação de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998). Os dados meteorológicos utilizados (velocidade do vento, umidade relativa do ar, temperatura e radiação solar) foram obtidos na Estação Meteorológica Convencional do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) instalada no campus da UFLA. O coeficiente de cultivo (K_c) foi considerado igual a 1,0, conforme empregado por Piedade et al. (2009), no manejo da irrigação e no estudo do desenvolvimento de algumas espécies de grama, dentre elas a Esmeralda.

O solo da área experimental não recebeu nenhum tipo de tratamento preliminar e, para avaliação de suas características iniciais, foi realizada uma amostragem, antes da aplicação do efluente, na qual foram coletadas amostras simples, nas profundidades de 0 a 0,20 m e 0,20 a 0,40 m, com auxílio de um trado tipo holandês, em quinze pontos distintos da área experimental, formando uma amostra composta para cada profundidade, para possibilitar a caracterização química e física do solo.

Na análise química do solo foram determinados o pH, a CE, o conteúdo de matéria orgânica (MO), N, P, K, Na, Ca e Mg e na análise física foram determinadas a distribuição granulométrica e a massa específica (EMBRAPA, 2011). Na Tabela 2 estão apresentadas as características iniciais químicas e físicas do solo da área experimental, nas profundidades de 0 a 0,20 m e de 0,20 a 0,40 m.

Tabela 2: Características iniciais do solo da área experimental.

Profundidade (m)	pH	CE (dS m ⁻¹)	OM (g kg ⁻¹)	N	P	K (mg dm ⁻³)	Na	Ca+Mg (cmol _c dm ⁻³)	Distribuição granulométrica (%)			Massa específica (g cm ⁻³)
									Argila	Silte	Areia	
0 - 0,20	6,2	0,12	15,9	1,4	1,3	106,5	3,9	1,9	60	19	21	1,80
0,20 - 0,40	6,6	0,15	12,6	1,1	1,0	71,5	1,6	1,8	59	18	23	1,85

A classe textural em que o solo se enquadrou foi argilosa e, tendo em vista que a área experimental é uma área de aterro, onde antigamente havia um tanque de piscicultura, não foi possível estabelecer uma classificação para o solo segundo os critérios estabelecidos pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.

Ao término do experimento foi realizada uma amostragem final do solo, na qual foram coletadas amostras de solo, dentro de cada uma das 20 parcelas, nas profundidades de 0 a 0,20 m e 0,20 a 0,40 m, com o auxílio de um trado tipo holandês, para avaliação das possíveis alterações nas características químicas do solo, decorrentes da aplicação do efluente.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, empregando-se o teste F, em nível de 5% de probabilidade, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, utilizando o programa de análise estatística Sisvar (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3 estão apresentados os atributos químicos do solo, em função da taxa de aplicação do efluente.

Tabela 3: Atributos químicos do solo após a aplicação do efluente.

Variável	Profundidade (m)	Taxa de aplicação do efluente (kg ha ⁻¹ dia ⁻¹ de DBO)				
		T0	T1	T2	T3	T4
pH	0 - 0,20	6,1 Aa	6,3 Aab	6,4 Aab	6,7 Ab	6,8 Ab
	0,20 - 0,40	6,6 Ba	7,0 Bab	7,1 Bab	7,2 Bab	7,3 Bb
CE (dS m ⁻¹)	0 - 0,20	0,11 Aa	0,11 Aa	0,15 Aa	0,16 Aa	0,17 Aa
	0,20 - 0,40	0,08 Aa	0,16 Aa	0,15 Aa	0,18 Aa	0,18 Aa
MO (g kg ⁻¹)	0 - 0,20	11,3 Aa	11,0 Aa	11,5 Aa	12,7 Aa	12,7 Aa
	0,20 - 0,40	7,0 Ba	7,9 Ba	7,3 Ba	8,0 Ba	8,8 Ba
N (g kg ⁻¹)	0 - 0,20	1,8 Aa	1,9 Aa	1,9 Aa	1,8 Aa	1,8 Aa
	0,20 - 0,40	1,6 Aa	1,8 Aa	1,9 Aa	1,8 Aa	1,9 Aa
P (mg dm ⁻³)	0 - 0,20	1,2 Aa	1,6 Aa	2,1 Aa	2,4 Aa	2,6 Aa
	0,20 - 0,40	1,2 Aa	1,8 Aa	1,8 Aa	1,8 Aa	1,7 Aa
K (mg dm ⁻³)	0 - 0,20	59,4 Aa	72,5 Aab	78,8 Aab	83,0 Aab	93,6 Ab
	0,20 - 0,40	38,5 Ba	39,9 Ba	43,4 Ba	47,4 Ba	50,4 Ba
Ca + Mg (cmol _c dm ⁻³)	0 - 0,20	2,9 Aa	3,7 Aa	3,9 Aa	4,7 Aa	5,2 Aa
	0,20 - 0,40	1,6 Aa	2,3 Aab	2,3 Aab	3,3 Aab	3,6 Ab
Na (mg dm ⁻³)	0 - 0,20	5,9 Aa	20,5 Ab	33,2 Ac	47,0 Ad	53,0 Ad
	0,20 - 0,40	3,8 Ba	17,0 Bb	23,6 Bc	41,5 Ad	48,3 Ae

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Observou-se que o pH do solo aumentou significativamente tanto com o aumento da taxa de aplicação do efluente, nas duas profundidades avaliadas, quanto em profundidade, em todos os tratamentos avaliados (Tabela 3).

O aumento do pH dos solos tem sido atribuído ao pH elevado do efluente (STEWART, 1990) e à adição de cátions trocáveis oriundos do efluente (FALKINER & SMITH, 1997), como o Ca, Mg e K, que diminuem a atividade do íon H⁺, um dos principais responsáveis pela acidez do solo. Fortes Neto et al. (2013), avaliando os efeitos da aplicação de efluente do tratamento de esgoto sanitário sobre as propriedades químicas de um Argissolo Vermelho Amarelo distrófico, também observaram aumento do pH do solo, com consequente diminuição da acidez potencial, diante da elevação das doses de aplicação.

Ressalta-se que o pH influencia a solubilidade, a concentração em solução e a forma iônica dos nutrientes no solo e, conseqüentemente, sua absorção e utilização pelas plantas (FAGERIA et al., 1997).

Observou-se que a condutividade elétrica do solo não sofreu alterações significativas com o aumento da taxa de aplicação do efluente, nas duas profundidades avaliadas, nem em profundidade, em todos os tratamentos avaliados (Tabela 3).

Segundo Matos (2007), o solo começa a apresentar problemas de uso agrícola quando a condutividade elétrica do extrato de saturação do solo supera o valor de 4,0 dS m⁻¹. Constatou-se que, durante o período experimental, a aplicação do efluente não foi suficiente para criar condições inadequadas ao solo estudado com relação à salinidade.

Conforme observado na Tabela 3, a concentração de matéria orgânica do solo diminuiu significativamente em relação à caracterização química inicial. Fortes Neto et al. (2013), analisando as alterações químicas do solo e produção de aveia fertilizada com esgoto sanitário tratado, também observaram que a aplicação de águas residuárias no solo proporcionou uma redução significativa no teor de matéria orgânica.

O decréscimo no conteúdo de matéria orgânica pode ser atribuído às adequadas condições de umidade e temperatura do solo e ao aporte de nutrientes e microrganismos advindos do efluente aplicado durante o período experimental, que podem ter favorecido a atividade microbiana, provocando uma rápida decomposição da matéria orgânica adicionada pela aplicação do efluente.

A concentração de nitrogênio do solo não sofreu alterações significativas com o aumento da taxa de aplicação do efluente, nas duas profundidades avaliadas, nem em profundidade, em todos os tratamentos avaliados (Tabela 3).

Andrade Filho et al. (2013), avaliando as alterações químicas em um Latossolo Vermelho Amarelo e um Cambissolo fertirrigados com doses crescentes de efluente de esgoto tratado no cultivo com algodoeiro (*Gossypium* L.) em região semiárida, também não obtiveram significância no teor de nitrogênio no solo em função da aplicação do efluente.

A concentração de fósforo do solo não sofreu alterações significativas com o aumento da taxa de aplicação do efluente, nas duas profundidades avaliadas, nem em profundidade, em todos os tratamentos avaliados (Tabela 3).

Duarte et al. (2008) também observaram que a aplicação de efluente doméstico tratado não causou alterações significativas na concentração de fósforo do solo cultivado. Segundo Fonseca et al. (2007), o aporte de fósforo para o solo em razão da aplicação via águas residuárias é baixo.

Observou-se que a concentração de potássio do solo aumentou significativamente com o aumento da taxa de aplicação do efluente, na profundidade de 0 a 0,20 m, e que diminuiu significativamente, em profundidade, em todos os tratamentos avaliados (Tabela 3).

Condé et al. (2013), avaliando o efeito da aplicação de água residuária de suinocultura nas alterações químicas de um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, também obtiveram aumento no teor de potássio no solo com o aumento das doses aplicadas. Resultado semelhante foi descrito por Barreto et al. (2013) ao avaliarem as alterações nos atributos químicos de um Neossolo Flúvico cultivado com mamoneira e irrigado com água residuária.

A diminuição da concentração de potássio do solo, em relação à profundidade, pode estar relacionada ao fato de que as raízes absorveram grande parte do potássio presente na solução do solo, havendo pouca lixiviação deste elemento para a camada mais profunda. Costa et al. (2009), em estudo sobre a distribuição de potássio e de raízes no solo, observaram que os teores de potássio disponível se enquadraram nas faixas muito alto e alto até as profundidades de 10 e 20 cm, respectivamente, e até a profundidade de 40 cm, enquadram-se na faixa médio.

Conforme observado na Tabela 3, a concentração de cálcio e magnésio do solo aumentou significativamente com o aumento da taxa de aplicação do efluente, na profundidade de 0,20 a 0,40 m.

Resultado semelhante foi descrito por Medeiros et al. (2005), ao avaliarem as alterações químicas do solo em resposta à aplicação de água residuária de origem doméstica. Hu et al. (2006) constataram aumento significativo da concentração de cálcio e magnésio em solo irrigado por mais de 30 anos com efluente de esgoto.

O acréscimo ou decréscimo destes elementos no solo está diretamente relacionado à sua concentração na água residuária aplicada, à concentração absorvida pelas plantas e à lixiviação no perfil do solo (MEDEIROS et al., 2005).

Observou-se que a concentração de sódio do solo aumentou significativamente com o aumento da taxa de aplicação do efluente, nas duas profundidades avaliadas, e que diminuiu significativamente, em profundidade, nos tratamentos T0, T1 e T2 (Tabela 3).

O aumento da concentração de sódio no solo pode ser atribuído ao seu acúmulo no mesmo, em virtude da elevação da taxa de aplicação do efluente. Mendes et al. (2016), avaliando as alterações nos atributos químicos de um solo cultivado com rabanete e irrigado com efluente doméstico tratado, também observaram aumento significativo no teor de sódio do solo estudado. Resultado semelhante foi descrito por Silva et al. (2016) ao avaliarem os atributos químicos de um Luvissoilo Crômico sob irrigação com águas residuárias tratadas e adubação nitrogenada.

Em geral, as concentrações de sódio e o índice de saturação por sódio são elevados após a aplicação de águas residuárias, principalmente nas camadas superficiais (CROMER et al., 1984). Assim, a diminuição da concentração de sódio do solo em relação à profundidade pode ser atribuída à retenção do elemento na camada mais superficial do solo, na qual o efluente foi aplicado.

Segundo Matos et al. (2014), as doses de sódio consideradas críticas para que ocorram danos à estrutura do solo não podem ser fixadas em termos absolutos, pois os danos também dependem de outros constituintes da água e de características específicas do solo.

Na Tabela 4 estão apresentadas as equações de regressão ajustadas para a estimativa dos atributos químicos do solo, em função da taxa de aplicação do efluente, e na Figura 3 estão apresentados os seus respectivos gráficos.

Tabela 4: Equações de regressão ajustadas para a estimativa dos atributos químicos do solo, em função da taxa de aplicação do efluente.

Variável	Profundidade (m)	Equação de regressão	R ²
pH	0 - 0,20	$\text{pH} = 1.3168T + 6.095$	0.9693
	0,20 - 0,40	$\text{pH} = 1.2595T + 6.700$	0.8663
K	0 - 0,20	$K = 60.252T + 61.694$	0.9670
Ca + Mg	0,20 - 0,40	$\text{Ca} + \text{Mg} = 3.916 + 1.5825T$	0.9531
Na	0 - 0,20	$\text{Na} = 92.076T + 7.7755$	0.9837
	0,20 - 0,40	$\text{Na} = 86.628T + 4.1615$	0.9808

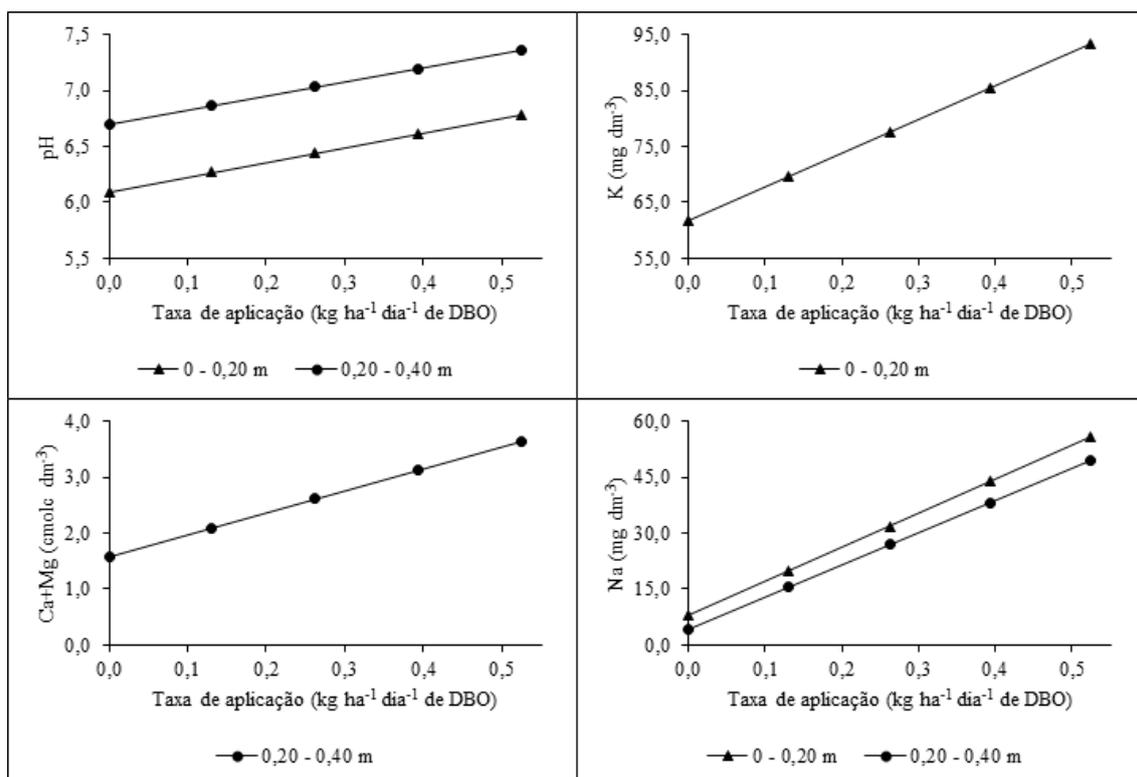


Figura 3: Gráficos das equações de regressão ajustadas para a estimativa dos atributos químicos do solo, em função da taxa de aplicação do efluente.

CONCLUSÕES

A aplicação do efluente proporcionou aumento significativo nos valores de pH, potássio, cálcio e magnésio, e sódio do solo.



No entanto, recomenda-se que a aplicação do efluente seja avaliada por períodos de monitoramento superiores ao realizado neste trabalho, visto que é importante observar as variações climáticas, as condições do solo e o efeito da aplicação do efluente em longo prazo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPEMIG e ao CNPq pelo apoio financeiro concedido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. *Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements*. Rome, IT: FAO, Irrigation and Drainage paper 56, 2006.
2. APHA; AWWA; WEF. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 22th. ed. Washington, DC: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, 2012.
3. ANDRADE FILHO, J.; SOUSA NETO, O.N.; DIAS, N.S.; NASCIMENTO, I.B.; MEDEIROS, J.F.; COSME, C.R. Atributos químicos de solo fertirrigado com água residuária no semiárido brasileiro. *Irriga*, v. 18, n. 4, p. 661-674, 2013.
4. BARRETO, A.N.; NASCIMENTO, J.J.V.R.; MEDEIROS, E.P.; NÓBREGA, J.A.; BEZERRA, J.R.C. Changes in chemical attributes of a Fluvent cultivated with castor bean and irrigated with wastewater. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.17, n.5, p.480-486, 2013.
5. CIRELLI, G.L. et al. *Treated municipal wastewater reuse in vegetable production*. *Agricultural Water Management*, v. 104, p. 163-170, 2012.
6. CONDÉ, M.S.; ALMEIDA NETO, O.B.; HOMEM, B.G.C.; FERREIRA, I.M.; SILVA, M.D. Impactos da fertirrigação com água residuária da suinocultura em um latossolo vermelho-amarelo. *Vértices*, v. 15, n. 2, p. 161-178, 2013.
7. COSTA, S.E.V.G.A.; SOUZA, E.D; ANGHINONI, I.; FLORES, J.P.C; ANDRIGUETTI, H. Distribuição de potássio e de raízes no solo e crescimento de milho em sistemas de manejo do solo e da adubação em longo prazo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.33, p.1291-1301, 2009.
8. CROMER, R.N.; TOMPKINS, D.; BARR, N.J.; HOPMANS, P. *Irrigation of monterey pines with wastewater: Effect on soil chemistry and groundwater composition*. *Journal of Environmental Quality*, v.13, p.539-542, 1984.
9. DUARTE, A. S.; AIROLDI, R.P.S.; FOLEGATTI, M.V.; BOTREL, T.A.; SOARES, T.M. Efeitos da aplicação de efluente tratado no solo: pH, matéria orgânica, fósforo e potássio. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 12, n. 3, p. 302-310, 2008.
10. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. *Manual de métodos de análise de solo*. 2. ed. Embrapa Solos: Rio de Janeiro. 2011. 225p.
11. EMONGOR, V.; NKEGBE, E.; KEALOTSWE, B.; KOORAPETSE, I.; SANKWASA, S.; KEIKANETSWE, S. *Pollution Indicators in Gaborone Industrial Effluent*. *Journal of Applied Sciences*, v. 5, n. 1, p. 147-150, 2005.
12. FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C.; JONES, C.A. *Growth and mineral nutrition of field crops*. 2nd. ed. New York: M. Dekker, 1997.
13. 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.
14. FERREIRA, D.F. *Sisvar: A computer statistical analysis system*. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
15. FONSECA, A. F.; HERPIN, U.; PAULA, A.M.; VICTÓRIA, R.L.; MELFI, A.J. *Agricultural use of treated sewage effluents: Agronomic and environmental implications and perspectives for Brazil*. *Scientia Agrícola*, v. 64, n. 2, p. 194-209, 2007.
16. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. *The wealth of waste: The economics of wastewater use in agriculture*. Rome, IT: FAO, Water Report 35, 2010.
17. FORTES NETO, P.; VEIGA, P.G.A.; FORTES, N.L.P.; TARGA, M.S.; GADIOLI, J.L.; PEIXOTO, P.H.M. Alterações químicas do solo e produção de aveia fertilizada com água residuária do tratamento de esgoto sanitário. *Revista Ambiente & Água*, v.8, p.71-83, 2013.



18. HU, C.; ZHANG, T.C.; KENDRICK, D.; HUANG, Y.H.; DAHAB, M.F.; SURAMPALLI, R. *Muskegon Wastewater Land Treatment System: Fate and Transport of Phosphorus in Soils and Life Expectancy of the System. Engineering in Life Sciences*, v. 6, n. 1, p. 17-25, 2006.
19. MATOS, A.T. Disposição de águas residuárias no solo. Viçosa, MG: AEAGRI, 2007.
20. MATOS, A.T.; ALMEIDA NETO, O.B.; MATOS, M.P. Saturação do complexo de troca de solos oxídicos com sódio. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.18, n.5, p.501-506, 2014.
21. MEDEIROS, S.S.; SOARES, A.A.; FERREIRA, P.A.; NEVES, J.C.L.; MATOS, A.T.; SOUZA, J.A.A. Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: estudo das alterações químicas do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 9, n. 4, p. 603-612, 2005.
22. MENDES, P.E.F.; BASTOS, R.G.; SOUZA, C.F. Efluente tratado na agricultura: aspectos agrônômicos e sanitários no cultivo do rabanete. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v. 10, n. 1, p. 428-438, 2016.
23. PEDRERO, F.; ALLENDE, A.; GIL, M.I.; ALARCÓN, J.J. *Soil chemical properties, leaf mineral status and crop production in a lemon tree orchard irrigated with two types of wastewater. Agricultural Water Management*, v. 109, p. 54-60, 2012.
24. PEREIRA, B.F.F. et al. *Reclaimed wastewater: impact on soil- plant system under tropical conditions. Journal of Hazardous Materials*, v. 192, p. 54-61, 2011.
25. PIEDADE, A.R.; CRUZ, R.L.; CAMPOS, S.; VILLAS BOAS, R.L. Desenvolvimento vegetativo de quatro espécies de grama irrigadas com efluente doméstico. *Irriga*, v. 14, n. 3, p. 268-275, 2009.
26. SILVA, F.C. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009.
27. SILVA, L.V.B.D.; LIMA, V.L.A.; PEARSON, H.W.; SILVA, T.T.S.; MACIEL, S.C.L.; SOFIATTI, V. *Chemical properties of a Haplustalf soil under irrigation with treated wastewater and nitrogen fertilization. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 20, p. 4, p. 308-315, 2016.
28. SOUZA, C.F. et al. Eficiência de estação de tratamento de esgoto doméstico visando reuso agrícola. *Revista Ambiente & Água*, v. 10, n. 3, p. 587-597, 2015.
29. STEWART, H.T.L.; HOPMANS, P.; FLINN, D.W. *Nutrient accumulation in trees and soil following irrigation with municipal effluent in Australia. Environmental Pollution*, v.63, p.155-177, 1990.
30. TUNDISI, J.G. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. *Estudos Avançados*, 22(63):7-16, 2008.
31. WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. *Drinking-water*, Fact sheet 391, July 2017. Geneva: World Health Organization, 2017. Available in: <<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs391/en/>> Access in: January, 5, 2017.