ISSN 2175-6813
Revista Engenharia na Agricultura
V.27, n.2, p.157-169, 2019
Viçosa, MG, DEA/UFV - DOI: 10.13083/reveng.v27i2.871

APLICAÇÃO DE EFLUENTE DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO EM SOLO CULTIVADO COM GRAMA ESMERALDA (*Zoysia japonica*)

Jaíza Ribeiro Mota e Silva[1], Luiz Fernando Coutinho de Oliveira[2] & Ronaldo Fia[3]

1 - Engenheira Ambiental e Sanitarista, Doutoranda em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas, Universidade Federal de Lavras, jaizamota@hotmail.com
2 - Engenheiro Agrícola, Professor do Departamento de Engenharia, Universidade Federal de Lavras, coutinho@deg.ufla.br
3 - Engenheiro Agrícola e Ambiental, Professor do Departamento de Engenharia, UFLA, ronaldofia@deg.ufla.br

Palavras-chave:
água residuária
fertilidade do solo
nutrição de plantas
reúso de água

RESUMO

Este estudo teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação de diferentes taxas de efluente proveniente da Estação de Tratamento de Esgoto da Universidade Federal de Lavras nas características químicas do solo, na produtividade e na composição química da grama Esmeralda (*Zoysia japonica*). 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 e a produtividade de matéria seca e os teores foliares de N, P, K, Na, Ca e Mg da grama Esmeralda. 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 e na produtividade de matéria seca e nos teores foliares de N, P, K e Na da grama Esmeralda. No entanto, recomenda-se que a aplicação do efluente seja avaliada por períodos de monitoramento superiores aos deste trabalho, visto que é importante observar as variações climáticas, as condições do solo e o efeito da aplicação do efluente em longo prazo.

Keywords:
wastewater
soil fertility
plant nutrition
water reuse

APPLICATION OF EFFLUENT OF SEWAGE TREATMENT STATION IN SOIL CULTIVATED WITH EMERALD GRASS (*Zoysia japonica*)

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of the application of different effluent rates from the Sewage Treatment Plant of Lavras Federal University on soil chemical characteristics, in the productivity and chemical composition of the Emerald grass (*Zoysia japonica*). The pH, electrical conductivity (EC), organic matter (OM), nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), sodium (Na), calcium (Ca) and magnesium (Mg) in soil and dry matter yield and leaf contents of N, P, K, Na, Ca and Mg of Emerald grass were measured. The experimental design adopted was a randomized complete block design, with five treatments and four replications. The results were submitted to statistical analysis, using the F test, and the means were compared by the Tukey test, both at 5% probability. After analyzing, the application of the effluent at the different rates provided a significant increase in pH, K, Ca, Mg, and Na of soil and in dry matter production and in N, P, K and Na in leaf content of the Emerald grass. However, it is recommended that the effluent application be assessed by monitoring periods higher than the one in this study, since it is important to observe climatic variations, soil conditions and the effect of effluent application in the long term.

Recebido para publicação em 30/03/2018 • Aprovado em 15/10/2018 • Publicado em 30/04/2019

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 Organização Mundial da Saúde estima que 50% da população mundial viverá em regiões de escassez de água em 2025 (WHO, 2015).

Sempre que existente com a qualidade requerida para determinado uso, a água torna-se um recurso escasso, buscando-se 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 aplicação de esgotos domésticos no sistema solo-planta é uma alternativa para aumentar a disponibilidade hídrica e uma forma de controle da poluição, tendo em vista que também serve como uma forma de pós-tratamento dos efluentes pelo solo, que é utilizado como um filtro natural, reduzindo os impactos negativos da descarga excessiva de contaminantes causados pelo descarte desses efluentes em águas superficiais (BAME *et al*., 2014).

O aumento da fertilidade do solo devido à aplicação de esgotos domésticos tem sido observado por vários autores (PEDRERO *et al.*, 2012; SINGH *et al.*, 2012; MEKKI *et al.*, 2014; URBANO *et al.*, 2015). O uso de efluentes domésticos permite o aproveitamento dos nutrientes contidos neles, promovendo o crescimento e desenvolvimento de diversas culturas, o que atesta seu potencial de uso como fertilizante agrícola (RIBEIRO *et al.*, 2012; SOUSA NETO *et al.*, 2012; OLIVEIRA *et al.*, 2013; SILVA *et al.*, 2015).

O manejo inadequado da aplicação de esgotos domésticos no sistema solo-planta pode apresentar aspectos negativos, que vão desde modificações nas características físico-químicas do solo, até riscos de contaminação por agentes patogênicos (EMONGOR *et al.*, 2005). A Organização Mundial da Saúde destaca a importância da qualidade biológica dos efluentes utilizados na irrigação, para que se diminua a probabilidade de propagação de patógenos, evitando diversas enfermidades (WHO, 2006).

As diretrizes estabelecidas pela Agência de Proteção Ambiental Americana (USEPA, 2012) para a irrigação irrestrita, ou para a irrigação por aspersão em qualquer situação, fornecem um padrão de qualidade de efluentes semelhante ao padrão de potabilidade da água. Nesse sentido, o uso de efluentes domésticos, para fins de irrigação, deve ter um monitoramento dos seus padrões físico-químicos e biológicos, uma vez que estes podem não atender a critérios específicos para o uso, que são distintos daqueles para descarga em corpos de água.

Este estudo teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação de diferentes taxas de efluente proveniente da Estação de Tratamento de Esgoto da Universidade Federal de Lavras (ETE-UFLA) nas características químicas do solo, na produtividade e na composição química da grama Esmeralda (*Zoysia japonica*).

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 ETE-UFLA, no município de Lavras, no Estado de Minas Gerais, vegetada com grama Esmeralda. Foram delimitadas 20 parcelas de 1,0 m^2 (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.

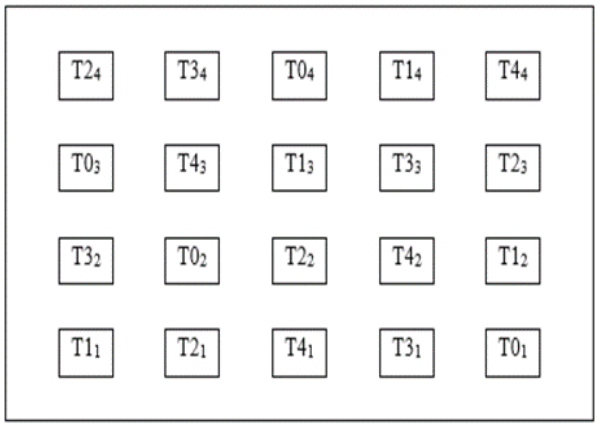

Figura 2. Distribuição dos tratamentos na área experimental.

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 ETE-UFLA 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 ETE-UFLA, 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; 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})	$2,8x10^9 \pm 1,5x10^9$
CTer (NMP 100 mL^{-1})	$2,7x10^9 \pm 1,6x10^9$
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-se uma eficiência de aplicação de 100%, uma vez que não ocorreram perdas de água durante a aplicação.

$$LI = \Sigma (ETi - Pi) \quad (1)$$

em que,

LI = lâmina de irrigação, mm;
ETi = evapotranspiração no período entre irrigações i, mm; e
Pi = 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 (ETo) 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 (Kc) 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.

O solo se enquadrou na classe textural 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.

O corte da grama correspondeu à idade de 92 dias e foi realizado com o auxílio de uma tesoura, rente à superfície do solo, em área útil de 1,0 m^2 por parcela. Posteriormente, para cada parcela, foi feita a determinação da massa verde, por pesagem no momento do corte, da massa seca, por pesagem após secagem em estufa com circulação forçada de ar, sob temperatura de 65 °C, durante um período de 72 horas, e da produtividade de matéria seca, em t ha^{-1}. Em seguida, as amostras de grama foram levadas ao Laboratório de Nutrição de Plantas do Departamento de Ciência do Solo da UFLA, onde foram preparadas para a determinação dos teores foliares de N, P, K, Na, Ca e Mg.

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).

No período de monitoramento, a radiação solar apresentou valores entre 27,2 e 42,6 MJ m^{-2} dia^{-1}. O efeito da radiação solar é o determinante básico do crescimento das plantas, pois influencia na fotossíntese e em outros processos fisiológicos como a transpiração e a absorção de água e nutrientes.

As temperaturas máximas e mínimas foram iguais a 35,4 °C, no dia 19/10/2016, e a 3,7 °C, no dia 02/07/2016, sendo a temperatura média igual a 19,6 °C. Segundo SANTIAGO *et al.* (2002), as gramíneas possuem alta taxa de crescimento e aceleração de seu metabolismo em temperatura do

Tabela 2. Características iniciais do solo da área experimental.

Profundidade	pH	CE	MO	N	P	K	Na	Ca+Mg	Distribuição granulométrica			Massa específica
(m)		(dS m^{-1})	(g kg^{-1})	(mg dm^{-3})				($cmol_c$ dm^{-3})	(%) Argila	Silte	Areia	(g cm^{-3})
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

ar na faixa de 25 a 35 ºC, e, em temperatura menor do que 20 ºC, iniciam um processo de dormência, ocasionando diminuição do seu metabolismo.

As plantas de metabolismo C4 expostas ao frio apresentam uma diminuição da atividade fotossintética e desenvolvimento da cultura (DU *et al.*, 1999), e, sob temperaturas inferiores a 15 ºC, ocorre uma drástica redução da atividade fotossintética (SILVA, 1995).

A umidade relativa do ar apresentou valores entre 37,5 e 93,5%. COSTA *et al.* (2005) afirmaram que as baixas umidades do ar são prejudiciais ao desenvolvimento das plantas por provocarem o fechamento dos estômatos, o que reduz não somente a saída de água como também a entrada de dióxido de carbono, reduzindo as taxas fotossintéticas.

As frequências de precipitações pluviais diárias ocorreram de forma mais concentrada no mês de novembro. A máxima precipitação pluvial diária ocorreu no dia 14/11/2016, sendo igual a 54,6 mm.

O estudo das variáveis climáticas é de grande importância para a avaliação de seus efeitos nas condições fisiológica dos vegetais, podendo afetar as etapas de crescimento, desenvolvimento e produtividade das culturas, justificando as observações experimentais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

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

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

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	0 - 0,20	0,11 Aa	0,11 Aa	0,15 Aa	0,16 Aa	0,17 Aa
(dS m^{-1})	0,20 - 0,40	0,08 Aa	0,16 Aa	0,15 Aa	0,18 Aa	0,18 Aa
MO	0 - 0,20	11,3 Aa	11,0 Aa	11,5 Aa	12,7 Aa	12,7 Aa
(g kg^{-1})	0,20 - 0,40	7,0 Ba	7,9 Ba	7,3 Ba	8,0 Ba	8,8 Ba
N	0 - 0,20	1,8 Aa	1,9 Aa	1,9 Aa	1,8 Aa	1,8 Aa
(g kg^{-1})	0,20 - 0,40	1,6 Aa	1,8 Aa	1,9 Aa	1,8 Aa	1,9 Aa
P	0 - 0,20	1,2 Aa	1,6 Aa	2,1 Aa	2,4 Aa	2,6 Aa
(mg dm^{-3})	0,20 - 0,40	1,2 Aa	1,8 Aa	1,8 Aa	1,8 Aa	1,7 Aa
K	0 - 0,20	59,4 Aa	72,5 Aab	78,8 Aab	83,0 Aab	93,6 Ab
(mg dm^{-3})	0,20 - 0,40	38,5 Ba	39,9 Ba	43,4 Ba	47,4 Ba	50,4 Ba
Ca + Mg	0 - 0,20	2,9 Aa	3,7 Aa	3,9 Aa	4,7 Aa	5,2 Aa
(cmol$_c$ dm^{-3})	0,20 - 0,40	1,6 Aa	2,3 Aab	2,3 Aab	3,3 Aab	3,6 Ab
Na	0 - 0,20	5,9 Aa	20,5 Ab	33,2 Ac	47,0 Ad	53,0 Ad
(mg dm^{-3})	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. T0 (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).

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

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. SIMÕES *et al.* (2013), avaliando a influência da aplicação de esgoto doméstico tratado na atividade microbiana de um Latossolo Amarelo distrocoeso, observaram que a atividade microbiana aumentou com a aplicação de concentrações crescentes 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).

O suprimento de potássio no solo varia em relação à disponibilidade das diferentes formas e em relação ao potencial de extração pela cultura em função da quantidade e concentração, bem como das características físicas para que ocorra a condução na solução do solo até a absorção pela superfície das raízes (MIELNICZUK, 1978).

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 desse elemento para a camada mais profunda. Corroborando os resultados obtidos no presente trabalho, 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 – 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.

O aumento da concentração de cálcio e magnésio no solo pode ser atribuído ao seu acúmulo nele, em virtude da elevação da taxa de aplicação do efluente. 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 desses 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 local, 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 Luvissolo Crômico sob irrigação com águas residuárias tratadas e adubação nitrogenada.

Latterell *et al.* (1982) verificaram que os teores de sódio aumentaram de 3,5 até 25 vezes, em função da taxa de aplicação de efluente. 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.

Em geral, as concentrações de sódio e o índice de saturação por sódio são elevadas 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.

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, posteriormente, na Figura 3, estão apresentados os seus respectivos gráficos.

Na Tabela 5 estão apresentados os valores de produtividade de matéria seca e das concentrações de elementos químicos na grama Esmeralda, em função da taxa de aplicação do efluente.

Observou-se que a produtividade de matéria seca da grama Esmeralda aumentou significativamente com o aumento da taxa de aplicação do efluente (Tabela 5). Maior produtividade de matéria seca foi observada nas parcelas submetidas aos tratamentos T3 e T4, o que, acredita-se, esteja associado ao fornecimento de nutrientes nas quantidades adequadas.

Em estudo semelhante, LIMA *et al.* (2015), analisando a quantidade de nutrientes extraídos pela grama Bermuda (*Cynodon dactylon*) em função de doses de nitrogênio, obtiveram aumento no total da massa das aparas com o aumento das doses de nitrogênio, sendo que, para a maior dose aplicada (600 kg ha^{-1}), retiraram da área 5.567 kg ha^{-1} de matéria seca, até o momento da colheita dos tapetes (4 meses de ciclo).

Conforme observado na Tabela 5, o teor foliar de nitrogênio da grama Esmeralda aumentou significativamente com o aumento da taxa de aplicação do efluente.

Em estudo semelhante, PIEDADE *et al.* (2009) obtiveram concentrações entre 17,0 e 21,0 g kg^{-1} de nitrogênio nas lâminas foliares de grama Esmeralda, acima do observado no presente trabalho (11,6 a 15,0 g kg^{-1}). As concentrações de nitrogênio nas lâminas foliares da grama Esmeralda observadas aqui, mostraram-se próximas da faixa considerada ideal por GODOY & VILLAS BOAS (2010), entre 14,0 e 25,0 g kg^{-1}. Diante do exposto, verifica-se que as taxas do efluente da ETE-UFLA aplicadas no solo forneceram suprimento de nitrogênio pouco abaixo do adequado para o bom desenvolvimento da grama Esmeralda.

O teor foliar de fósforo da grama Esmeralda aumentou significativamente com o aumento da taxa de aplicação do efluente (Tabela 5).

PIEDADE *et al.* (2009) obtiveram concentrações aproximadas de 2,0 g kg^{-1} de fósforo nas lâminas foliares de grama Esmeralda. Considerando-se a faixa proposta por GODOY & VILLAS BOAS (2010) como a ideal para o bom desenvolvimento da grama Esmeralda (1,7 a 2,0 g kg^{-1} de fósforo), o tratamento T0 (1,3 g kg^{-1}) apresentou-se próximo da faixa, o tratamento T1 (2,0 g kg^{-1}) apresentou-se na faixa ideal e o tratamento T4 (3,0 g kg^{-1}) apresentou-se acima da faixa. Diante do exposto, verifica-se que as taxas do efluente da ETE-UFLA aplicadas no solo forneceram suprimento de fósforo adequado para o bom desenvolvimento da grama Esmeralda.

Observou-se que o teor foliar de potássio da

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	pH = 1,3168T + 6,095	0,9693
	0,20 - 0,40	pH = 1,2595T + 6,700	0,8663
K	0 - 0,20	K = 60,252T + 61,694	0,9670
Ca + Mg	0,20 - 0,40	Ca + Mg = 3,916 + 1,5825	0,9531
Na	0 - 0,20	Na = 92,076T + 7,7755	0,9837
	0,20 - 0,40	Na = 86,628T + 4,1615	0,9808

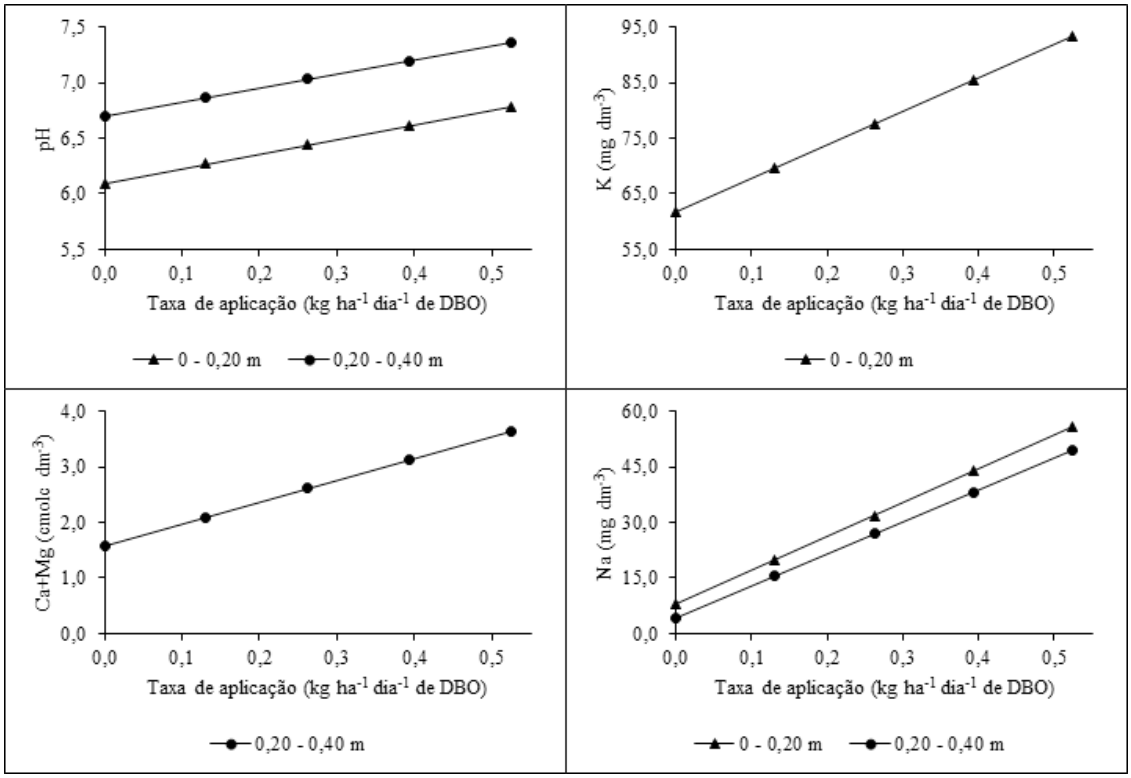

Figura 3. Gráficos das equações de regressão ajustadas para a estimativa dos atributos químicos do solo, em função da taxa de aplicação do efluente.

Tabela 5. Produtividade de matéria seca (PMS) e concentrações de elementos químicos na grama Esmeralda, após a aplicação do efluente.

Tratamento	PMS (t ha^{-1})	N (g kg^{-1})	P (g kg^{-1})	K (g kg^{-1})	Ca (g kg^{-1})	Mg (g kg^{-1})	Na (mg kg^{-1})
T0	2,3a	11,6a	1,3a	10,5a	2,1a	0,5a	0,2a
T1	2,5a	12,3ab	2,0ab	10,9a	3,0a	0,8a	0,2a
T2	4,3ab	14,2bc	2,3ab	15,0b	3,1a	0,9a	0,7b
T3	4,7b	14,3bc	2,5ab	15,7b	2,1a	0,8a	0,8b
T4	6,2b	15,0c	3,0b	16,6b	2,6a	0,8a	1,2c

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. T0 (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).

grama Esmeralda aumentou significativamente com o aumento da taxa de aplicação do efluente (Tabela 5).

De acordo com GODOY & VILLAS BOAS (2010), tapetes de grama Esmeralda bem formados podem apresentar concentrações médias de 11,0 a 15,0 g kg^{-1} de potássio em suas lâminas foliares. Considerando a proposição, as concentrações de potássio na grama Esmeralda, proporcionadas pelos tratamentos T2, T3 e T4, iguais a 15,0; 15,7 e 16,6 g kg^{-1}, respectivamente, encontraram-se acima da faixa considerada ideal. Diante do exposto, verifica-se que as taxas do efluente da ETE-UFLA aplicadas no solo forneceram suprimento de potássio adequado para o bom desenvolvimento da grama Esmeralda.

Não foram encontradas evidências de diferenças significativas entre os tratamentos em relação à concentração de cálcio e magnésio na grama Esmeralda durante o período experimental (Tabela 5).

Conforme observado na Tabela 5, o teor foliar de sódio da grama Esmeralda aumentou significativamente com o aumento da taxa de aplicação do efluente.

Mesmo não sendo considerado nutriente para as plantas, considera-se que, no esgoto doméstico, tal como verificado por SILVA *et al.* (2012), o sódio deva ser o elemento químico de referência, tendo em vista que o aumento de sua concentração no solo, como consequência da irrigação, é responsável por sua acumulação na planta. Porém, quanto às grandes quantidades aplicadas no presente trabalho, a grama Esmeralda não apresentou concentrações de sódio que prejudicassem o seu desenvolvimento.

Na Tabela 6 estão apresentadas as equações de regressão ajustadas para a estimativa da PMS e das concentrações de elementos químicos na grama Esmeralda, em função da taxa de aplicação do efluente, e, posteriormente, na Figura 4, estão apresentados os seus respectivos gráficos.

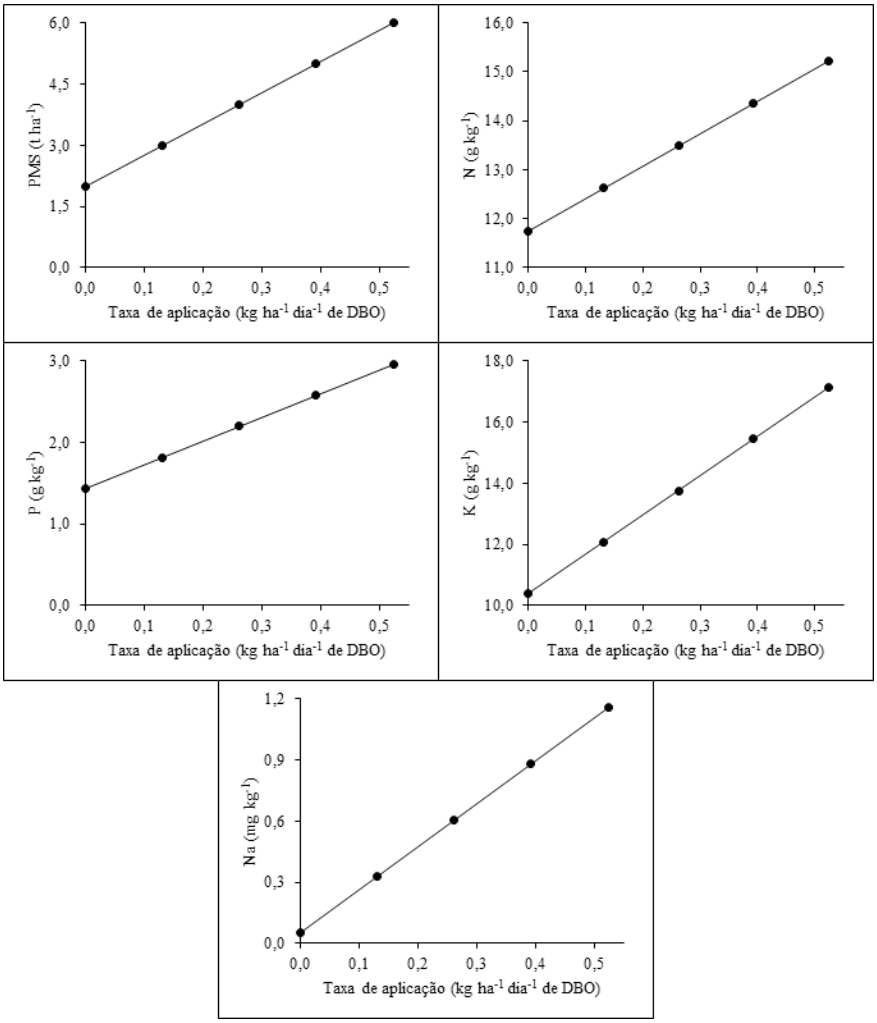

Figura 4. Gráficos das equações de regressão ajustadas para a estimativa da PMS e das concentrações de elementos químicos na grama Esmeralda, em função da taxa de aplicação do efluente.

Tabela 6. Equações de regressão ajustadas para a PMS e concentrações de elementos químicos na grama Esmeralda, em função da taxa (T) de aplicação do efluente.

Variável	Equação de regressão	R^2
PMS	PMS = 7,6336T + 1,990	0,9552
N	N = 6,6221T + 11,750	0,9025
P	P = 2,9008T + 1,435	0,9599
K	K = 12,8820T + 10,380	0,9029
Na	Na = 2,0992T + 0,055	0,9507

CONCLUSÕES

- A utilização de efluentes tratados libera fontes de água de boa qualidade para o abastecimento público e outros usos prioritários e reduz o despejo em corpos hídricos, contribuindo para a conservação dos recursos naturais.
- A aplicação do efluente proporcionou aumento significativo nos valores de pH, potássio, cálcio e magnésio, e sódio do solo.
- A aplicação do efluente proporcionou aumento significativo na produtividade de matéria seca e nas concentrações de nitrogênio, fósforo, potássio e sódio da grama Esmeralda.
- 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.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements.** Rome: FAO Irrigation and Drainage. Paper n.56, 1998, 333p.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION - AWWA; WATER ENVIRONMENT FEDERATION – WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater.** 22. ed. Washington, 2012.

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. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2013v18n4>.

BAME, I.B.; HUGHES, J.C.; TITSHALL, L.W.; BUCKLEY, C.A. The effect of irrigation with anaerobic baffled reactor effluent on nutrient availability, soil properties and maize growth. **Agricultural Water Management**, v.134, p.50-59, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2013.11.011>.

BARRETO, A.N.; NASCIMENTO, J.J.V.R.; MEDEIROS, E.P.; NÓBREGA, J.A.; BEZERRA, J.R.C. Changes in chemical atributes 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. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662013000500003>.

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. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5935/1809-2667.20130024>.

COSTA, K.A.P.; ROSA, B.; OLIVEIRA, I.P.; CUSTÓDIO, D.P.; SILVA, D.C. Efeito da estacionalidade na produção de matéria seca e composição bromatológica da *Brachiaria brizantha* cv. Marandú. **Ciência Ambiental Brasileira**, v.6, n.3, p.187-193, 2005. Disponível em: < https://www.revistas.ufg.br/vet/article/view/365/340>.

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. Disponível em: < http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832009000500022>.

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. Disponível em: < doi:10.2134/jeq1984.00472425001300040006x>.

DU, C.; NOSE, A.; WASANO, K. Effects of chilling temperature on photosynthetic rates, photosynthetic enzyme activities and metabolite levels in leaves of three sugarcane species. **Plant, Cell and Environment**, n.3, v.22, p.317-324, 1999. Disponível em: <https://doi.org/10.1046/j.1365-3040.1999.00415.x>.

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. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662008000300012>.

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. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3923/jas.2005.147.150>.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo.** 2. ed. Rio de Janeiro, 2011. 225p.

FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C.; JONES, C.A. **Growth and mineral nutrition of field crops.** 2. ed. New York, 1997. 624p.

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. Disponível em: < http://dx.doi.org/10.1071/S95080>.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **The wealth of waste: The economics of wastewater use in agriculture.** FAO, 2010. 140p.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>.

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 Agricola**, v.64, n.2, p.194-209, 2007. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162007000200014>.

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. Disponível em: <10.4136/ambi-agua.1368>.

GODOY, L.J.G.; VILLAS BOAS, R.L. **Tecnologias para auxiliar o manejo da adubação na produção de gramas.** In: Simpósio Sobre Gramados. Tópicos atuais em gramados II: Anais... Botucatu: UNESP, Faculdade de Ciências Agronômicas, 2010. 10p.

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. Disponível em: <10.1002/elsc.200620118>.

LATTERELL, J.J.; DOWDY, R.H.; CLAPP, C.E.; LARSON, W.E.; LINDEN, D.R. Distribution of phosphorus in soils irrigated with municipal wastewater effluent: a 5-year study. **Journal of Environmental Quality**, v.11, n.1, p.124-128, 1982. Disponível em: < doi:10.2134/jeq1982.00472425001100010028x>.

LIMA, C.P.; BACKES, C.; SANTOS, A.J.M.; FERNANDES, D.M.; VILLAS BOAS, R.L.; OLIVEIRA, M.R. Quantidade de nutrientes extraídos pela grama Bermuda em função de doses de nitrogênio. **Bioscience Journal**, v.31, n.5, p.1432-1440, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/BJ-v31n5a2015-21967>.

MATOS, A.T. **Disposição de águas residuárias no solo.** Viçosa, 2007. 142p.

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. Disponível em: <10.1590/S1415-43662014000500006>.

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. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662005000400026>.

MEKKI, A.; FKI, F.; KCHAOU, M.; SAYADI, S. Short-term effects of gray wastewater on a meditterranean sandy soil. **Clean - Soil Air Water**, v.4, n.5, p.621-786, 2014. Disponível em: <10.1002/clen.201400049>.

MENDES, P.E.F.; BASTOS, R.G.; SOUZA, C.F. Efluente tratado na agricultura: aspectos agronômicos e sanitários no cultivo do rabanete. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.10, n.1, p.428-438, 2016. Disponível em: <10.7127/rbai.v10n100347>.

MIELNICZUK, J. **O Potássio no solo.** Piracicaba: Potafos, 1978. 80 p.

OLIVEIRA, P.C.P.; GLOAGUEN, T.V.; GONÇALVES, R.A.B.; SANTOS, D.L. Produção de moranga irrigada com esgoto doméstico tratado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.8, p.861-867, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662013000800010>.

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. Disponível em: < https://doi.org/10.1016/j.agwat.2012.02.006>.

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. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/71048>.

RIBEIRO, M.C.F.; ROCHA, F.A.; SANTOS, A.C.; SILVA, J.O.; PEIXOTO, M.F.S.P.; PAZ, V.P.S. Crescimento e produtividade da mamoneira irrigada com diferentes diluições de esgoto doméstico tratado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.6, p.639-646, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662012000600008>.

SANTIAGO, A.V.; PEREIRA, A.R.; FLEGATTI, M.V.; MAGGIOTO, S.R. Evapotranspiração de referência medida por lisímetro de pesagem e estimada por Penman-Monteith (FAO-56), nas escalas mensal e decendial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.10, n.1, p.57-66, 2002.

SILVA, S.C. **Condições edafo-climáticas para a produção de *Panicum* sp.** In: Simpósio Sobre Manejo da Pastagem, 12. Anais. Piracicaba: FEALQ, 1995. p.129-146.

SILVA, F.C. **Manual de análises químicas de**

solos, plantas e fertilizantes. 2. ed. Brasília, 2009. 627p.

SILVA, J.G.D.; MATOS, A.T.; BORGES, A.C.; PREVIERO, C.A. Composição químicobromatológica e produtividade do capim-mombaça cultivado em diferentes lâminas de efluente do tratamento primário de esgoto sanitário. **Revista Ceres**, v. 59, n.5, p.606-613, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-737X2012000500005>.

SILVA, R.J.; GAVAZZA, S.; FLORENCIO, L.; NASCIMENTO, C.W.A.; KATO, M.T. Cultivo de mudas de eucalipto irrigadas com esgoto doméstico tratado. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.20, n.2, p.323-330, 2015. Disponível em: < 10.1590/S1413-41522015020000084883>.

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.2, n.4, p.308-315, 2016. Disponível em: <10.1590/S1413-41522015020000084883>.

SIMÕES, K.S.; PEIXOTO, M.F.S.P.; ALMEIDA, A.T.; LEDO, C.A.S.; PEIXOTO, C.P.; PEREIRA, F.A.C. Água residuária de esgoto doméstico tratado na atividade microbiana do solo e crescimento da mamoneira. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.5, p.518-523, 2013. Disponível em: <10.1590/S1415-43662013000500008>.

SINGH, P.K.; DESHBHRATAR, P.B.; RAMTEKE, D.S. Effects of sewage wastewater irrigation on soil properties, crop yield and environment. **Agricultural Water Management**, v.103, p.100-104, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2011.10.022>.

SOUSA NETO, O.N.; ANDRADE FILHO, J.; DIAS, N.S.; REBOUÇAS, J.R.L.; OLIVEIRA, F.R.A.; DINIZ, A.A. Fertirrigação do algodoeiro utilizando efluente doméstico tratado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.2, p.200-208, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662012000200011>.

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. Disponível em: < https://doi.org/10.1016/0269-7491(90)90065-K>.

URBANO, V.R.; MENDONÇA, T.G.; BASTOS, R.G.; SOUZA, C.F. Physical-chemical effects of irrigation with treated wastewater on Dusky Red Latosol soil. **Revista Ambiente & Água**, v.1, n.4, p.737-747, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1695>.

USEPA - UNITED STATES ENVIRONMENT PROTECTION AGENCY. **Guidelines for water reuse.** Washington DC: USEPA, 2012.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater.** Volume 2: Wastewater use in agriculture. 213 p. Geneva: WHO, 2006.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Drinking-water.** 2015 Disponível em: http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs391/en/. Acesso em: 10 nov 2017.