

II-058 - APLICAÇÃO DE EFLUENTE TRATADO EM SOLO VISANDO MELHORIA DE SEUS ATRIBUTOS

Raquel Ferreira do Nascimento⁽¹⁾

Graduanda em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

Marcos Henrique Gomes Ribeiro⁽²⁾

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Mestrando em Engenharia Civil na área de concentração Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos (UFPE)

Alanna Maria do Nascimento Bezerra⁽³⁾

Graduanda em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

Ana Paula A. Feitosa⁽⁴⁾

Graduanda em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

Elizabeth Amaral Pastich Gonçalves⁽⁵⁾

Professora adjunta do Núcleo de Tecnologia, do Centro Acadêmico do Agreste da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Doutora em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos (UFPE). Coordenadora do Laboratório de Engenharia Ambiental (LEA).

Endereço⁽¹⁾: Rodovia BR-104, Km 59, s/n – Nova Caruaru - Caruaru - Pernambuco – CEP 55002-970 - e-mail: raquelferreiran@gmail.com

RESUMO

O crescimento da população e da economia mundial tem aumentado a demanda por recursos naturais, em especial por recursos hídricos. Cada vez mais, existe a necessidade de se prover água em quantidade e qualidade adequadas para suprir as demandas da sociedade. A qualidade da água é determinada pelo uso para o qual é destinada, sendo preferível resguardar as águas de qualidade superior para fins mais nobres como abastecimento doméstico, e desde que possível, utilizar águas de reuso para usos que admitam águas de qualidade inferior como a irrigação. A irrigação é, a nível mundial, o setor que mais contribui para o aumento da demanda de água, tendo em vista a necessidade de aumento da produção agrícola de forma a suprir o aumento da população mundial com alimentos e insumos. O esgoto tratado constitui uma alternativa viável e sustentável de substituição da água potável para usos menos nobres e que exijam água com menor padrão restritivo. Este trabalho tem por objetivo analisar a melhoria dos atributos de solo a partir da aplicação de efluente tratado proveniente de lagoa de maturação com o uso de colunas de solo. Os resultados obtidos se mostraram favoráveis já que foi observada grande capacidade de remoção de cor, turbidez e diminuição na concentração de coliformes totais e termo tolerantes no lixiviado proveniente das colunas de solo em relação ao efluente bruto. Em relação à capacidade nutritiva do solo, foi observado aumento na concentração de nutrientes, em especial nas concentrações de nitrogênio.

PALAVRAS-CHAVE: Solo, Efluente, Colunas de Solo, Irrigação.

INTRODUÇÃO

Segundo Telles e Costa (2007), o efluente tratado é fundamental no planejamento e gestão de recursos hídricos no que se refere à busca de fontes hídricas alternativas para fins agrícolas e de irrigação em geral, resguardando, assim, as fontes de água potável para fins mais nobres como consumo humano e outras prioridades. O efluente tratado ainda pode ser usado para fertirrigação e recuperação de áreas degradadas.

Uma área é caracterizada como degradada quando a vegetação nativa e a fauna são destruídas, removidas ou expulsas. De acordo com Tavares (2008), quando há degradação do solo, a camada fértil pode ser perdida e a qualidade da água e o regime do sistema hídrico da região alterados.

O uso de colunas de solo, com amostras deformadas e indeformadas da área alvo de estudo, pode ser utilizado, de forma experimental, para a recuperação de solos através da aplicação de efluentes tratados. Segundo Silva (2013), o

uso das colunas de solo constitui uma técnica viável e útil, propiciando monitorar o deslocamento de substâncias no perfil do solo. Dessa forma, é possível analisar, segundo condições fiéis as do campo, como densidade e umidade, esclarecendo, os fatores que afetam o mecanismo de transporte de solutos no perfil do solo.

Diversas tecnologias são empregadas no tratamento de efluentes, as quais devem se adequar as condições ambientais, técnicas, sociais e financeiras das comunidades onde são empregadas. Os sistemas de tratamento mais empregados no Brasil são os tratamentos biológicos devido a apresentarem menor custo e ao favorecimento face às condições climáticas brasileiras. De acordo com a World Health Organization (Organização Mundial da Saúde, 1989), lagoas de estabilização são os sistemas de tratamento biológico mais apropriados para tratamento de efluentes para reuso na agricultura, pois possuem elevada eficiência de remoção de matéria orgânica e de patógenos.

A área de estudo escolhida para esta pesquisa, se constitui de solo recolhido de área com potencial para uso paisagístico (jardim) inserida nos limites do Campus Acadêmico do Agreste (CAA) da Universidade Federal de Pernambuco. Área esta que está inclusa dentro dos limites da bacia hidrográfica do rio Ipojuca e foi escolhida devido a, como já citada, potencialidade de aproveitamento como jardim. O efluente utilizado, por sua vez, foi coletado de lagoa de maturação da Estação de Tratamento de Esgoto da cidade de Caruaru, ETE-Rendeiras.

OBJETIVOS

Esta pesquisa tem por objetivo geral avaliar a melhoria dos atributos químicos e físicos de um solo coletado em uma área localizada na bacia do Rio Ipojuca, por meio da montagem de colunas de solo em laboratório, como a aplicação de efluente proveniente de lagoa de maturação localizada na Estação de Tratamento de Esgoto da Cidade de Caruaru, PE, ETE-Rendeiras.

Como objetivos específicos temos:

- Caracterização do efluente tratado pela lagoa de estabilização com foco na presença de coliformes termo tolerantes, concentração de fósforo, alcalinidade, oxigênio dissolvido, demanda química de oxigênio, temperatura, salinidade, condutividade elétrica, pH, cor e turbidez;
- Avaliação das alterações do solo (Macro e Micronutrientes) antes e após a aplicação do efluente;
- Avaliação das características físico-químicas do lixiviado da coluna de solo, verificando seu potencial contaminante.

METODOLOGIA

O solo utilizado nas colunas de lixiviação foi retirado de área com solo degradado, localizada no Centro Acadêmico do Agreste – UFPE (CAA/UFPE), situado na cidade de Caruaru, dentro dos limites pertencentes a Bacia do Rio Ipojuca. Foi utilizado efluente proveniente de lagoa de maturação da Estação de Tratamento de Esgoto de Caruaru, ETE-Rendeiras, localizada no Bairro das Rendeiras (-8,283667;-35,936625). Inicialmente, foi realizada uma limpeza no local com uso de ferramentas como pá, enxada e picareta com o objetivo de retirada das raízes e vegetação presentes no solo. Posteriormente, foram recolhidas amostras de solo da camada de 0 a 0,20 m para o enchimento das colunas. Juntamente com a coleta do solo, foram realizados ensaios físicos para a determinação de índices, e assim, caracterização do solo.

Para a caracterização dos nutrientes, presentes no solo coletado, analisou-se o solo antes e após a disposição do efluente, na profundidade de 0 a 20 m para as quatro colunas. Inicialmente para a determinação dos nutrientes foi coletada amostra de solo de aproximadamente 1 kg, com o auxílio de enxada e pá, foi feito o destorroamento da amostra de solo, foram retirados os grãos maiores e restos de matéria orgânica presentes na amostra. A amostra foi devidamente acondicionada em saco plástico e etiquetada. Em seguida foi encaminhada para análise química no Laboratório de Fertilidade do Solo do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA).

Após a percolação do efluente lixiviado através das colunas, o solo de cada coluna foi retirado, secado ao ar, e encaminhado para análise, no mesmo laboratório já citado, de modo a fazer o comparativo entre a concentração de nutrientes no solo antes e depois da passagem do efluente pelo solo.

Inicialmente, para a montagem das colunas de solo, foram utilizados cilindros de acrílico de 6 centímetros de diâmetro interno e 7 centímetros de diâmetro externo, com 30 centímetros de altura. Escolheu-se o material acrílico para a confecção dos cilindros pelo fato de ser um material transparente e inerte, facilitando, assim, o acompanhamento da trajetória de fluxo do soluto através das colunas de solo. Na parte superior de cada coluna, a 1 centímetro da borda superior, foi feito um furo de aproximadamente 0,5 centímetros de diâmetro com o objetivo de manter o raio hidráulico constante. Para garantir melhor fixação dos tubos nos suportes que os conectam as hastes metálicas, foi utilizado mangueira, E.V.A., e cola quente, que formaram dispositivo de modo a garantir a amarração segura dos tubos aos suportes. De forma a garantir faixa de irrigação similar para cada coluna foi realizada a medição da vazão escolhida de modo a não formar lâmina de água acima do solo e garantir lixiviação de forma uniforme. Foram adicionados 100 mL de água ao recipiente responsável pela alimentação das colunas e o tempo, para que toda a quantidade de água fosse vertida, foi medido. Dessa forma foi obtida vazão de alimentação igual a 9,09 ml/min, ajustada através do funil de regulação de vazão. Vazão esta que foi utilizada em todas as colunas durante a realização do experimento.

As análises químicas do efluente e do lixiviado foram realizadas no Laboratório de Engenharia Ambiental da UFPE-Campus Agreste. As metodologias de preservação e análises das amostras utilizadas foram baseadas no Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (ALPHA, 2005). Os parâmetros avaliados e as respectivas metodologias adotadas se encontram resumidos na Tabela 1.

Tabela 1. Metodologias seguidas para as análises físico-químicas.

Parâmetro	Metodologia/Leitura
Alcalinidade	Método Potenciométrico
Fósforo	Método Molibdo-Vanadato/Espectrofotômetro
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	Método Espectrofotômetro
Coliformes Totais e Termo tolerantes	Substrato Cromogênico
Potencial Hidrogeniônico (pH)	pHmetro
Oxigênio Dissolvido (OD)	Oxímetro
Temperatura	Condutivímetro
Salinidade	Condutivímetro
Condutividade Elétrica	Condutivímetro
Cor	Colorímetro
Turbidez	Turbidímetro

Em relação aos parâmetros pH, OD, temperatura, salinidade, condutividade elétrica, cor e turbidez, foram realizadas leituras diárias do lixiviado durante todos os dias nos quais as colunas foram alimentadas com efluente (colunas 3 e 4) e água destilada (colunas 1 e 2). Os mesmos parâmetros foram medidos para o efluente que alimentou as colunas. Para os parâmetros DQO, coliformes totais, coliformes termotolerantes, fósforo e alcalinidade, realizou-se a leitura do acumulado referente a cada coluna após às aplicações diárias, ou seja, do lixiviado acumulado após sete dias de alimentação, e do efluente bruto utilizado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Figuras 1 e 2 apresentam os dados de cor e turbidez, respectivamente, avaliados no efluente antes da aplicação na coluna, bem como no lixiviado. Pela análise dos gráficos foi possível perceber que os maiores valores de cor e turbidez são encontrados no lixiviado de água destilada.

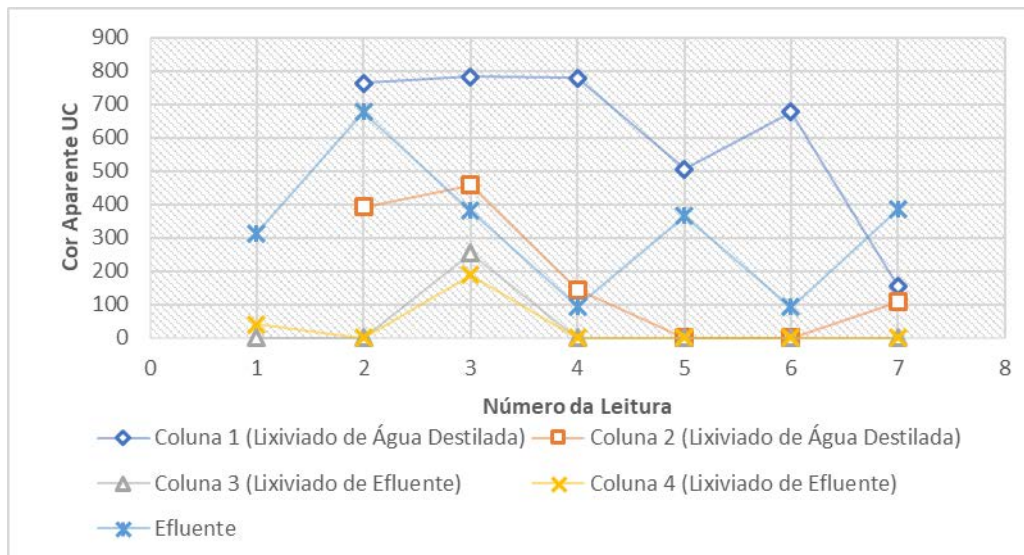


Figura 1. Resultados de cor

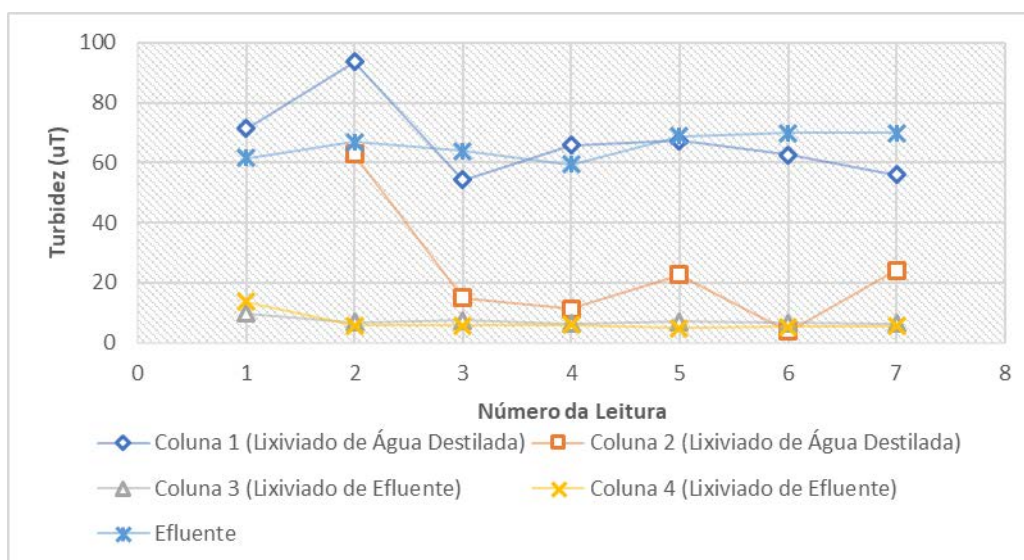


Figura 2. Resultados de turbidez

Os dados de cor se referem à cor aparente e, dessa forma, a cor está diretamente relacionada à turbidez. Tendo em vista que o principal responsável pela cor no efluente é a matéria orgânica e que, no lixiviado são os sólidos do solo que foram carregados durante o processo de lixiviação, foi possível perceber, como esperado, que o efluente apresentou valores de cor e turbidez maiores que o lixiviado nas colunas 2, 3 e 4. Já em relação à coluna 1, o comportamento foi diferente devido à grande quantidade de solo perdida pela coluna durante o processo de lixiviação.

Como esperado, a temperatura apresentou valores relativamente constantes entre as colunas ao longo das leituras. Em relação ao oxigênio dissolvido, o efluente apresentou concentrações mais elevadas que às observadas no lixiviado. O efluente foi coletado em lagoa de estabilização, que é rica em algas fotossintetizantes que produzem oxigênio dissolvido. No entanto, após a lixiviação, o oxigênio é perdido durante a passagem na coluna e não é mais reposto pelo processo de fotossíntese.

Os resultados de pH indicaram que tanto o efluente quanto o lixiviado apresentaram valores próximos da neutralidade ($\text{pH} = 7$), o que representa equilíbrio dos compostos químicos e normalidade na taxa de crescimento dos microrganismos. Os valores de pH observados no efluente estão dentro da faixa para lançamento no corpo receptor (rio Ipojuca), desta forma, não representariam risco à vida aquática se lançados. Neste sentido, como esperado, os valores observados no lixiviado também estiveram dentro da neutralidade não representando risco de distúrbio às reações químicas e biológicas do solo.

A Tabela 2 apresenta os dados de alcalinidade, avaliados no efluente antes da aplicação na coluna, bem como no lixiviado.

Tabela 2. Resultados de alcalinidade

Parâmetro	Efluente	Lixiviado De Água Destilada		Lixiviado De Efluente	
		Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4
Alcalinidade (mg/L de CaCO_3)	80	40	40	40	20

Em relação à alcalinidade se observou que devido ao fato da faixa de pH se apresentar próxima à neutralidade, a maior contribuição para a alcalinidade do lixiviado vem dos bicarbonatos, já em relação ao efluente que apresenta maior valor de alcalinidade, além dos bicarbonatos é possível a presença de carbonatos. Águas de irrigação com pH baixo e altos valores de alcalinidade, tendem a acelerar processos de corrosão no solo e diminuir a eficiência de sistemas de irrigação por gotejamento. Dessa forma, se observa que os dados obtidos para pH e alcalinidade se encontram dentro do esperado e do padrão necessário para águas de reuso com fins de irrigação.

As Figuras 3 e 4 apresentam os dados de salinidade e condutividade elétrica, respectivamente, avaliados no efluente antes da aplicação na coluna, bem como no lixiviado.

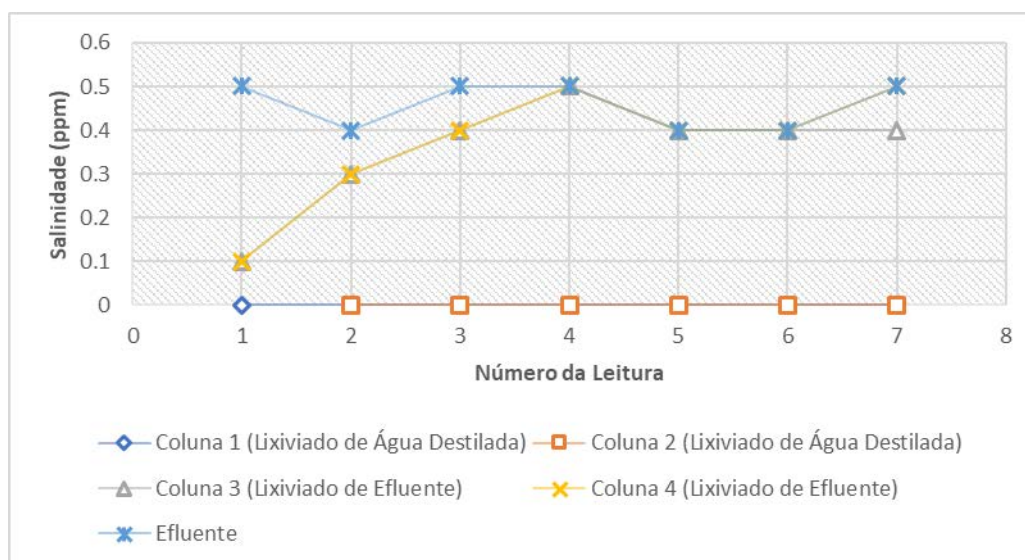


Figura 3. Resultados de salinidade

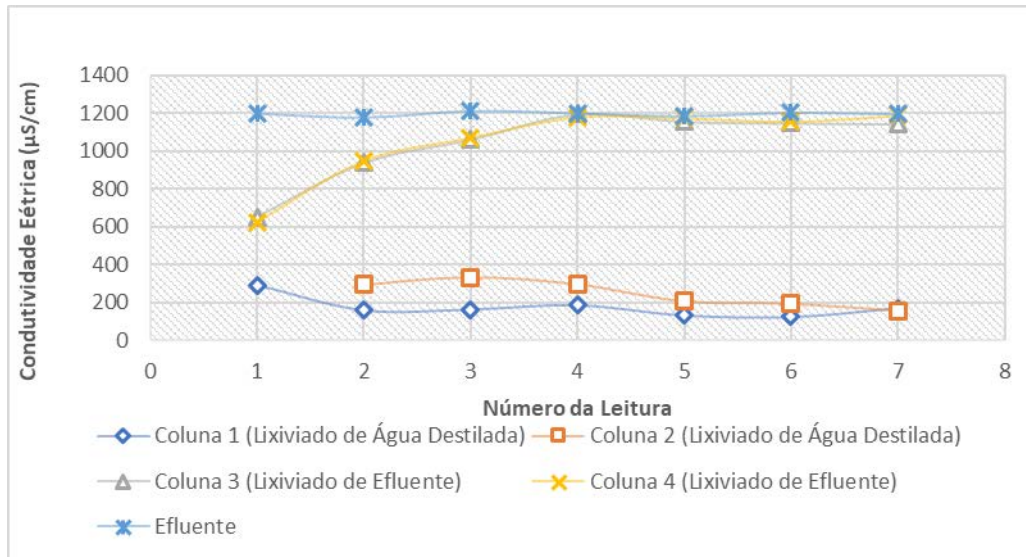


Figura 4. Resultados de condutividade elétrica

A condutividade elétrica observada nas colunas 1 e 2, que foram alimentadas com água destilada, se deve, provavelmente, devido aos íons que foram lixiviados do solo juntamente com a passagem do soluto, uma vez que a água destilada não apresentava condutividade. Já, fazendo o comparativo entre a condutividade elétrica do efluente e do lixiviado das colunas 3 e 4, as quais foram alimentadas com efluente, se observa que a partir de determinada leitura, as curvas praticamente se sobrepõem, o que provavelmente se deve ao fato do solo ter atingido a saturação em relação a quantidade de íons, e todos os íons presentes no efluente foram lixiviados juntamente com o soluto a medida que se atingia o ponto de equilíbrio.

Os resultados de salinidade apresentados se referem à salinidade prática, já que foi obtida a partir do condutímetro, e representa a razão entre a massa total de sal dissolvido e a substância que serviu de solvente (efluente e lixiviado). Observou-se que nas colunas 1 e 2, praticamente não houve registro de salinidade, e que nas colunas 3 e 4, a salinidade aumentou até o ponto de convergir com a salinidade observada no efluente.

Analisando os dados referentes à condutividade elétrica, e tendo em vista que ela representa um indicativo do teor de sólidos iônicos dissolvidos na água (efluente ou lixiviado), se observa que o limite máximo apresentado foi em torno de 1200 $\mu\text{S}/\text{cm}$, o qual, de acordo com Jeong (2016), atende aos limites máximos aconselhados para águas de irrigação segundo as legislações italianas e israelenses (3000 e 1400 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente).

A Tabela 14 apresenta os dados de DQO (demanda química de oxigênio) e fósforo total. De acordo com Von Sperling (1996), a concentração de DQO dos esgotos domésticos bruto é em torno de 600 mg/L. O efluente utilizado no presente estudo, trata-se de efluente tratado por meio de lagoa de maturação, o que justifica o valor de 229,5 mg/L, menor do que a faixa descrita pela literatura para esgoto bruto.

As colunas 1 e 2, que foram alimentadas com água destilada, apresentaram valores de DQO no lixiviado de 79,1 e 75,7 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, respectivamente, que representam parte da matéria orgânica presente no solo que foi lixiviada. Já as colunas 3 e 4, que foram alimentadas com efluente tratado, apresentaram valores de 175,8 e 171,8 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$. Isto evidencia que houve incorporação de matéria orgânica, proveniente do efluente, no solo da coluna 3 e 4 de aproximadamente 23% e 25%, respectivamente.

Tabela 3. Resultados de DQO e fósforo.

Parâmetro	Efluente antes da aplicação	Lixiviado de água destilada		Lixiviado de efluente	
		Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4
DQO (mg/L)	229.48	79.11	75.77	175.81	171.8
Fósforo (mg/L)	13.398	1.811	1.432	0.958	0.939

Em relação ao fósforo, observou-se uma maior concentração no efluente do que no lixiviado, o que já era esperado, visto que uma parcela do fósforo fica retida no solo. Nas colunas 1 e 2, observou-se uma concentração de fósforo de 1,8 e 1,4 mg.L⁻¹, respectivamente, esse fósforo foi lixiviado do solo visto que a água destilada não continha o elemento. Já nas colunas 3 e 4, o valor do fósforo no lixiviado nas duas colunas foi aproximadamente 93% menor que o efluente, demonstrando que parte do fósforo do efluente foi incorporado no solo.

A Tabela 4 apresenta os dados referentes aos coliformes totais e termos tolerantes avaliados no efluente antes da aplicação na coluna, bem como no lixiviado.

Tabela 4. Resultado de coliformes totais e termo tolerantes

	Coliformes Totais	Coliformes Termo tolerantes
Efluente	8,66 x 10 ⁴ NMP/100 mL	3 x 10 ² NMP/100 mL
Coluna 3	≥2419.6 NMP/100 mL	2,8 x 10 NMP/100 mL
Coluna 4	≥2419.6 NMP/100 mL	3,36 x 10 NMP/100 mL

Em termos de coliformes totais não foi possível interpretar os resultados visto que os valores foram maiores que os limites de detecção do método e porque os coliformes totais estão presentes livremente no efluente e no solo. Já em relação aos coliformes termotolerantes, foi observada uma redução do efluente tratado para o lixiviado de 90,5 % para coluna 3 e 88,9% para a coluna 4, o que indica baixa probabilidade de contaminação fecal no lençol freático.

A Tabela 5 apresenta os dados referentes à presença de nitrogênio no solo sob a forma de íons de amônio e nitrato, respectivamente, avaliados no solo antes e depois da aplicação na coluna de efluente e de água destilada.

Tabela 5. Resultados de nitrogênio do solo

Amostra	Amônio NH ₄ ⁺	Nitrato NO ₃ ⁻	Amônio + Nitrato
Solo Bruto	7.00	16.33	23.33
Coluna 1	7.00	9.33	16.33
Coluna 2	7.00	4.67	11.67
Coluna 3	0.00	35.00	35.00
Coluna 4	0.00	23.33	23.33

De acordo com os resultados se observou que em relação ao amônio houve mesma concentração no solo bruto e no solo das colunas 1 e 2, já que na água destilada não havia-o e ao fato do amônio ser menos susceptível a lixiviação que o nitrato. Já o valor de zero gramas no solo, mesmo após a aplicação do efluente (solo no final do experimento), pode ser explicada devido a provável nitrificação ocorrida no solo, em que o amônio é convertido a nitrato por micro-organismos. A concentração de nitrato no solo das colunas 1 e 2, que foram alimentadas com água destilada, reduziram ao final do experimento, visto que parte do nitrato do solo lixiviou. Já a concentração de nitrato nas colunas 3 e 4 aumentou ao longo do experimento, mostrando que parte do nitrogênio do esgoto foi incorporado no solo na forma de nitrato.

A Tabela 6 apresenta os dados referentes aos parâmetros nutricionais do solo avaliado antes e depois da aplicação de efluente e água destiladas nas colunas de lixiviação. Não foram observadas diferenças ao final do experimento para os parâmetros pH, cálcio, magnésio e alumínio. Um aspecto positivo destes resultados foi em relação ao elemento alumínio, que é um metal pesado e tóxico e que mesmo após a aplicação do esgoto não foi detectado no solo. Isto prova que não houve contribuição de efluentes industriais na rede de esgoto doméstico. Em relação ao elemento fósforo, corroborando com os dados do lixiviado, ocorreu uma incorporação do elemento no solo, nas colunas 3 e 4, em torno de 58% e 44%, respectivamente. Este é um resultado promissor visto que houve aumento da fertilidade do solo também em relação ao fósforo.

Tabela 6. Parâmetros nutricionais

Parâmetros	Solo Bruto	Solo Coluna 1 (Água Destilada)	Solo Coluna 2 (Água Destilada)	Solo Coluna 3 (Efluente)	Solo Coluna 4 (Efluente)
P (mg/dm ³)	43,0	37,0	47,0	68,0	62,0
pH	8,0	8,3	8,4	8,1	7,8
Ca ⁺² (cmolc/dm ³)	11,2	11,2	10,1	10,0	9,5
Mg ⁺² (cmolc/dm ³)	2,90	3,15	3,80	2,30	2,35
Na ⁺ (cmolc/dm ³)	0,07	0,20	0,18	1,20	1,30
K ⁺ (cmolc/dm ³)	0,13	0,13	0,14	0,26	0,28
Al ⁺³ (cmolc/dm ³)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H ⁺ (cmolc/dm ³)	1,07	0,16	0,16	0,06	0,41
S (cmolc/dm ³)	14,30	14,70	14,30	13,60	13,40
CTC (cmolc/dm ³)	15,40	14,90	14,40	13,60	13,40
V %	93,00	99,00	99,00	99,00	97,00
m %	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Onde:

P = Fósforo

Ca⁺²= Cálcio (íon)

Mg⁺²= Magnésio (íon)

Na⁺= Sódio (íon)

K⁺= Potássio (íon)

Al⁺³= Alumínio (íon)

H⁺= Hidrogênio (íon)

S= Soma de Bases Trocáveis (Ca⁺² + Mg⁺² + K⁺ + Na⁺)

CTC= Capacidade de Troca Catiônica (Ca⁺² + Mg⁺² + K⁺ + Na⁺ + Al⁺³ + H⁺)

V= Índice de Saturação por Bases [(S/CTC)*100]

m= índice de Saturação por Al³⁺

Em relação ao sódio, ocorreu um aumento em todas as colunas. Nas colunas 1 e 2, mesmo a água sendo destilada ela apresenta condutividade e baixa concentração de sais. Nas colunas 3 e 4 o aumento de sódio foi mais expressivo.

De forma geral, ocorreu um aumento nas concentrações de potássio e sódio nas quatro colunas de lixiviação, sendo observados aumentos maiores para as colunas que foram alimentadas com efluente (Colunas 3 e 4). O aumento desses dois elementos interfere diretamente no risco de salinização do solo.

Pela análise da Tabela 6 foi possível observar que os valores de CTC (capacidade de troca catiônica) e de S (soma de bases trocáveis) diminuíram, o que provocou aumento de V (índice de saturação por bases), o que indica que o solo se tornou mais fértil. No entanto, o solo mesmo antes da aplicação do efluente, já estava

acima das condições ideais de fertilidade (V% entre 50 e 80% e pH entre 6,0 e 6,5), desta forma, o aumento da fertilidade no solo estudado foi positiva e o uso de efluente para melhoria dos atributos do solo é viável. No entanto, um estudo futuro com um solo menos fértil confirmaria essa possível conclusão.

CONCLUSÕES

Houve aumento na fertilidade do solo das colunas de lixiviação após a aplicação do efluente tratado, o que indica que esta técnica é viável e pode ser utilizada para recuperação e aumento da fertilidade de solos de áreas degradadas, desde que se faça estudo preliminar da condição inicial do solo, de modo a escolher de forma acurada o tipo de efluente utilizado para aplicação, que atenda aos parâmetros necessitados pelo solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. JEONG, Hanseok; KIM, Hakkwan; JANG, Taeil. Irrigation water quality standards for indirect wastewater reuse in agriculture: a contribution toward sustainable wastewater reuse in South Korea. **Water**, v. 8, n. 4, p. 169, 2016.
2. SILVA, L.P. **Influência do íon acompanhante nos parâmetros de nitrato no solo**. Escola Superior de Agricultura “Luiz Queiroz”. Dissertação de Mestrado – Piracicaba, p.19-17 e 30-33, 2013.
3. TAVARES, S.R.L., Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. **Curso de Recuperação de áreas degradadas**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 4p., 2008.
4. TELLES, Dirceu D.; COSTA, R. H. P. G. Reúso da água: Conceitos, teorias e práticas. **São Paulo: Editora Blucher**, v. 2, 2007.
5. VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias** – Volume 3: Lagoas de Estabilização. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG. Belo Horizonte. 1.ed. 1996.
6. WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture**. Technical Report, series n. 778. Geneva, Switzerland:, p.72, 1989.