

## REUSO DE EFLUENTE TRATADO EM SOLO DE ÁREA DEGRADADA VISANDO A MELHORIA DE SEUS ATRIBUTOS

Marcos Henrique Gomes Ribeiro <sup>1</sup>; Elizabeth Amaral Pastich Gonçalves <sup>2</sup>

*Laboratório de Engenharia Ambiental, Centro Acadêmico do Agreste, Universidade Federal de Pernambuco <sup>1,2</sup>,  
[mhgribeiro@gmail.com](mailto:mhgribeiro@gmail.com) <sup>1</sup>, [bethpastich@yahoo.com](mailto:bethpastich@yahoo.com) <sup>2</sup>*

### Introdução

O elevado e intenso crescimento demográfico e econômico apresentado nos últimos séculos, tem reduzido de forma significativa a disponibilidade de recursos naturais em todas as regiões do mundo. Em relação aos recursos hídricos, a situação é particularmente agravada, devido ao aumento de demanda para consumo, contaminação e poluição das águas, além do mau aproveitamento e gerenciamento dos mesmos. Dessa maneira, é importante o desenvolvimento de alternativas e técnicas capazes de diminuir o consumo de água, resguardando as águas de qualidade superior para consumos mais nobres que demandem tal uso, além da utilização águas de reuso ou de qualidade inferior para os demais fins.

De acordo com Telles e Costa (2007), o uso do efluente tratado é fundamental no planejamento e gestão dos recursos hídricos no que se refere à busca de fontes hídricas alternativas para fins agrícolas e de irrigação em geral, além de ainda poder ser usado para fertirrigação e recuperação de áreas degradadas. Uma área é considerada degradada quando sua vegetação nativa e fauna são destruídas, removidas ou expulsas. Segundo Tavares (2008), quando há degradação do solo, a camada fértil pode ser perdida e a qualidade da água e o regime hídrico da região alterados.

Colunas de solo, com amostras deformadas ou indeformadas da área alvo de estudo, podem ser utilizadas, de forma experimental, para a recuperação de solos degradados a partir da aplicação de efluentes tratados. De acordo com Silva (2013), o uso de colunas de solo constitui uma técnica viável e útil, propiciando o monitoramento do deslocamento de substâncias no perfil do solo, sendo possível, assim, esclarecer fatores que afetam o mecanismo de transporte de solutos.

Tendo em vista que a maior parte da água consumida a nível mundial, incluindo o Brasil, é utilizada para fins agrícolas, e que na região semiárida brasileira a falta de planejamento e gestão adequada dos recursos hídricos provoca transtornos para a população impedindo o desenvolvimento humano, econômico e tecnológico da região, se faz necessário a aplicação de alternativas que visem o aproveitamento de efluentes, de modo a preservar as águas de qualidade superior. Diante disso,

(83) 3322.3222

[contato@aguanosemiarido.com.br](mailto:contato@aguanosemiarido.com.br)

[www.aguanosemiarido.com.br](http://www.aguanosemiarido.com.br)



esta pesquisa de melhoramento de solo a partir da aplicação de efluente tratado constitui uma forma de promover o máximo aproveitamento dos recursos hídricos e buscar alternativas para o desenvolvimento de atividades agrícolas sustentáveis na região semiárida.

Os objetivos desta pesquisa se resumem a avaliação da melhora nutricional de solo de área degradada a partir da análise das características do efluente tratado em lagoa de estabilização e do lixiviado das colunas de solo com foco na presença de coliformes termo tolerantes, concentração de fósforo, alcalinidade, oxigênio dissolvido (OD), demanda química de oxigênio (DQO), temperatura, salinidade, condutividade elétrica, pH, assim como a avaliação das alterações nutricionais do solo antes e após a aplicação do efluente.

## Metodologia

O solo utilizado nas colunas de lixiviação foi retirado de área degradada, com potencial paisagístico, pertencente ao Campus Acadêmico do Agreste, da Universidade Federal de Pernambuco, localizado no município de Caruaru, Pernambuco, e inserido dentro da bacia hidrográfica do rio Ipojuca na região do semiárido nordestino. O efluente utilizado para alimentação das colunas foi proveniente da lagoa de maturação da estação de tratamento de esgoto, ETE-Rendeiras, da cidade de Caruaru

Inicialmente, para montagem das colunas de solo, coletou-se, como auxílio de equipamentos, amostras deformadas de solo da camada de 0 a 20 cm. Juntamente com a coleta foram realizados ensaios físicos para a determinação dos índices do solo (umidade, índice de vazios, porosidade, peso específico natural, seco e dos sólidos) e assim, representar de forma mais fiel às condições naturais nas colunas de solo em laboratório. Com os resultados obtidos a partir da caracterização física foi feita a montagem de quatro colunas de solo em laboratório, sendo duas colunas alimentadas com água destilada e duas colunas alimentadas com efluente tratado. Para a caracterização nutricional do solo, foi recolhido, de acordo com o método de recolhimento de amostras da EMBRAPA, amostras de solo da mesma camada utilizada para a caracterização física, e encaminhadas para análise nutricional no Laboratório de Fertilidade do Solo do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA).

A caracterização química do efluente utilizado para alimentar as colunas e do lixiviado foi realizada no Laboratório de Engenharia Ambiental da UFPE – Campus Agreste, seguindo as metodologias de preservação e análises de amostras baseadas no Standard Methods for Examination



of Water and Wastewater (ALPHA, 1995). Para os parâmetros pH, OD, temperatura, salinidade, condutividade elétrica, foram realizadas leituras diárias no efluente e no lixiviado das quatro colunas de solo. Já para os parâmetros DQO, coliformes totais e termo tolerantes, fósforo e alcalinidade, realizou-se a leitura do acumulado referente a cada coluna de solo após as aplicações diárias, e do efluente utilizado.

## Resultados e Discussão

Em relação ao oxigênio dissolvido, o efluente apresentou concentrações mais elevadas que as observadas no lixiviado das quatro colunas como era esperado, já que o efluente foi coletado em lagoa de estabilização com altas concentrações de algas fotossintetizantes que produzem oxigênio dissolvido, o qual é perdido durante a passagem nas colunas de lixiviação e não mais repostado pelo processo de fotossíntese. A temperatura apresentou valores aproximadamente constantes ao longo das leituras, tanto para o efluente, quanto para o lixiviado.

Os resultados de pH indicaram que tanto o efluente quanto o lixiviado apresentaram valores próximos da neutralidade ( $\text{pH} = 7$ ), o que corrobora com os resultados obtidos para a alcalinidade. Esses resultados refletem o equilíbrio dos compostos químicos e normalidade na taxa de crescimento dos microrganismos, assim como favorecem o equilíbrio nutricional do solo, não aceleram processos de erosão e nem diminuem a eficiência de sistemas de irrigação por gotejamento. De forma geral, os resultados obtidos para pH e alcalinidade se encontraram dentro do esperado e do padrão necessário para as águas de reuso com fins agrícolas.

Os valores de condutividade elétrica, Figura 1, apresentados nas colunas 1 e 2, que foram alimentadas com água destilada, ocorreram devido aos íons presentes no solo que foram lixiviados juntamente com a passagem do soluto, uma vez que a água destilada não apresenta valores significativos de condutividade elétrica. Já, fazendo o comparativo entre a condutividade elétrica do efluente e do lixiviado das colunas 3 e 4, se observa que a partir de determinada leitura, as curvas se sobrepõem, o que se deve ao fato do solo ter atingido a saturação em relação a quantidade de íons. Para os resultados de salinidade se observou comportamento semelhante aos de condutividade para as quatro colunas e efluente. Tendo em vista que o limite máximo de condutividade apresentado foi de  $1200 \mu\text{S}/\text{cm}$ , o qual, de acordo com Jeong (2016), atende aos limites máximos aconselhados para águas de irrigação segundo legislações italianas e israelenses ( $3000$  e  $1400 \mu\text{S}/\text{cm}$ , respectivamente).



Figura 1. Resultados de condutividade elétrica



Fonte: Autor (2017)

Em relação ao DQO, Tabela 1, as colunas 1 e 2, que foram alimentadas com água destilada, apresentaram valores no lixiviado de 79,1 e 75,7 mg.L<sup>-1</sup>, respectivamente, que representam parte da matéria orgânica do solo que foi lixiviada. Já as colunas 3 e 4, que foram alimentadas com efluente tratado, apresentaram valores de 175,8 e 171,8 mg.L<sup>-1</sup>. Isto evidencia que houve incorporação de matéria orgânica proveniente do efluente, no solo das colunas 3 e 4, de aproximadamente 23 e 25% respectivamente, tendo em vista que o valor de DQO apresentado pelo efluente foi de 229,5 mg.L<sup>-1</sup>.

Tabela 1. 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    |

Fonte: Autor, 2017

Em relação ao fósforo, Tabela 01, observou-se maior concentração no efluente do que no lixiviado, o que já era esperado visto que uma parcela do fósforo presente no efluente ficou retida no solo. Nas colunas 1 e 2, observou-se uma concentração de fósforo de 1,8 e 1,4 mg.L<sup>-1</sup>, respectivamente, que representa o fósforo lixiviado do solo. Já no lixiviado das colunas 3 e 4, o valor do fósforo foi aproximadamente 93% menor do que o valor observado no efluente, demonstrando que parte fósforo presente no efluente foi incorporado ao solo.

Em termos de coliformes totais, Tabela 2, não foi possível interpretar os resultados visto que os valores foram superiores aos limites de detecção do método. Já em relação aos coliformes termo tolerantes, foi observada uma redução do efluente tratado para o lixiviado de 90,5% para a coluna 3 e de 88,9% para a coluna 4, o que indica baixa probabilidade de contaminação fecal no lençol freático.

Tabela 2. Resultado de coliformes totais e termo tolerantes

|          | <b>Coliformes Totais</b>      | <b>Coliformes Termo tolerantes</b> |
|----------|-------------------------------|------------------------------------|
| Efluente | $8,66 \times 10^4$ NMP/100 mL | $3 \times 10^2$ NMP/100 mL         |
| Coluna 3 | $\geq 2419,6$ NMP/100 mL      | $2,8 \times 10$ NMP/100 mL         |
| Coluna 4 | $\geq 2419,6$ NMP/100 mL      | $3,36 \times 10$ NMP/100 mL        |

Fonte: Autor, 2017

Em relação à análise nutricional do solo, Tabela 3, antes e depois da aplicação do efluente, não foram observadas diferenças significativas ao final do experimento para os parâmetros pH, cálcio, magnésio e alumínio. Em relação ao elemento fósforo, corroborando com os dados apresentados pelo lixiviado, ocorreu uma incorporação do elemento no solo das colunas 3 e 4, em torno de 58 e 44%, respectivamente. Em relação ao teor de sódio, ocorreu aumento no solo de todas as colunas em comparação ao solo bruto.

Através da análise dos parâmetros nutricionais se observou a diminuição do valor da capacidade de troca catiônica (CTC) e da soma de bases trocáveis (S), o que acarretou no aumento do valor do índice de saturação por bases (V) na comparação do solo bruto com o solo das colunas de lixiviação, o que indica que o solo se tornou mais fértil a partir da aplicação do efluente tratado.

Tabela 3. Parâmetros nutricionais

| <b>Parâmetros</b>                         | <b>Solo Bruto</b> | <b>Solo Coluna 1 (Água Destilada)</b> | <b>Solo Coluna 2 (Água Destilada)</b> | <b>Solo Coluna 3 (Efluente)</b> | <b>Solo Coluna 4 (Efluente)</b> |
|---|-------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| P (mg/dm <sup>3</sup> )                   | 43,0              | 37,0                                  | 47,0                                  | 68,0                            | 62,0                            |
| pH  | 8,0               | 8,3                                   | 8,4                                   | 8,1                             | 7,8                             |
| Ca <sup>+2</sup> (cmolc/dm <sup>3</sup> ) | 11,2              | 11,2                                  | 10,1                                  | 10,0                            | 9,5                             |
| Mg <sup>+2</sup> (cmolc/dm <sup>3</sup> ) | 2,90              | 3,15                                  | 3,80                                  | 2,30                            | 2,35                            |
| Na <sup>+</sup> (cmolc/dm <sup>3</sup> )  | 0,07              | 0,20                                  | 0,18                                  | 1,20                            | 1,30                            |
| K <sup>+</sup> (cmolc/dm <sup>3</sup> )   | 0,13              | 0,13                                  | 0,14                                  | 0,26                            | 0,28                            |
| Al <sup>+3</sup> (cmolc/dm <sup>3</sup> ) | 0,00              | 0,00                                  | 0,00                                  | 0,00                            | 0,00                            |
| H <sup>+</sup> (cmolc/dm <sup>3</sup> )   | 1,07              | 0,16                                  | 0,16                                  | 0,06                            | 0,41                            |



|                              |       |       |       |       |       |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| S (cmolc/dm <sup>3</sup> )   | 14,30 | 14,70 | 14,30 | 13,60 | 13,40 |
| CTC (cmolc/dm <sup>3</sup> ) | 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  |

Fonte: Autor, 2017

## Conclusões

Houve aumento na fertilidade do solo das colunas de lixiviação após a alimentação com o efluente tratado, o que indica que esta técnica é viável e pode ser utilizada para recuperação e aumento de teores de fertilidade em solos inférteis 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 alimentação, que atenda aos parâmetros necessitados pelo solo.

## Referências Bibliográficas

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Water Environment Federation. **Standard methods for the examination of water and wastewater**, v. 22, 1995.

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.

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.

TAVARES, S.R.L., Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. **Curso de Recuperação de áreas degradadas. Rio de Janeiro: Embrapa Solos**. 4p., 2008.

TELLES, Dirceu D.; COSTA, R. H. P. G. Reúso da água: Conceitos, teorias e práticas. **São Paulo: Editora Blucher**, v. 2, 2007.