

## UTILIZAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA NA RECUPERAÇÃO DE SOLO DEGRADADO EM REGIÃO SEMIÁRIDA

Emanoel Lima Martins<sup>(1)</sup>; Ignacio Hernan Salcedo<sup>(3)</sup>; Salomão de Souza Medeiros<sup>(4)</sup>

<sup>(1)</sup>Doutorando em Ciência do Solo PPGCS/CCA/UFPB; Areia-PB; ([emanoelmartinss@gmail.com](mailto:emanoelmartinss@gmail.com));

<sup>(2)</sup>Professor do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solos/CCA/UFPB ([salcedo@ufpe.br](mailto:salcedo@ufpe.br));

<sup>(3)</sup>Pesquisador do Instituto Nacional do Semiárido (INSA). PB ([salomao.medeiros@insa.gov.br](mailto:salomao.medeiros@insa.gov.br)).

**RESUMO:** O uso do solo como área de empréstimo para retirada de material para construção civil é uma prática comum que causa degradação do solo em áreas periurbanas. No presente estudo objetivou-se avaliar o uso de água residuária (AR) na recuperação de um solo na região semiárida que perdeu parcialmente a camada arável. Determinou-se o P extraível nas camadas de 0-15 e 15-30 cm de solo, após a aplicação de três níveis de ARs: 0, 7 e 14 L semana<sup>-1</sup>, por gotejamento, durante dois anos. Os valores médios de P observados na camada superficial passaram de 2,33 mg kg<sup>-1</sup> da amostragem inicial para 2,57 mg kg<sup>-1</sup> com água de abastecimentos, 3,52 mg kg<sup>-1</sup> com 7 L sem<sup>-1</sup> e para 3,9 mg kg<sup>-1</sup> com 14 L sem<sup>-1</sup> após dois anos de irrigação com AR, constatando que a irrigação com AR aumentou o conteúdo de P nos dois níveis de aplicação e profundidades estudadas, tornando-se uma alternativa viável na recuperação de solos degradados.

**Palavras-chave:** Reuso de água, recuperação de solo, fósforo do solo.

### INTRODUÇÃO

A utilização do solo como área de empréstimo para retirada de material para construção civil, é uma prática comum no entorno das grandes cidades que se traduz em impactos diretos na qualidade do solo. A remoção de horizontes superficiais do solo, deixa expostas camadas subjacentes ou o próprio regolito, a prática causa danos irreversíveis a fertilidade do solo levando a perda de suas características físicas, químicas e biológicas (Doetterl et al, 2016). Essa prática se constitui uma das maiores causas de degradação em áreas periurbanas.

Os estudos de viabilidade ambiental de mineração e extração de solo para construção civil são incipientes e geralmente não contemplam técnicas de recuperação do solo (Meyer, et al, 2014, Cruz, et al, 2014, Santos et al, 2015). Portanto, se faz necessário estudos que promovam o uso de técnicas de recuperação da degradação do solo.

Nesse sentido, a utilização de água proveniente de estações de tratamento de esgoto doméstico para irrigação tem sido uma prática interessante, uma vez que apresenta diversas vantagens para o ambiente em função da quantidade de nutrientes fornecidos bem como pela economia de água e fertilizantes (Rodrigues et al, 2009). Assim, se configura como uma alternativa bastante promissora para regiões áridas e semiáridas uma vez que promove o reuso sustentável da água proporcionando o aproveitamento dos nutrientes presentes, como nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K).

O P é considerado, juntamente com o N, grande poluente de cursos de água, entretanto é um elemento essencial às plantas que apresenta baixa solubilidade e baixa disponibilidade em solos intemperizados, o que torna a água de reuso uma fonte de baixo custo desse nutriente para solos degradados (Klein & Agne, 2012).

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da utilização de água residuária nos teores de P em solo degradado em área periurbana em região semiárida.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de estudo

O experimento foi desenvolvido em área experimental localizada nas imediações da sede do Instituto Nacional do Semiárido (INSA) em Campina Grande, PB (7°15'11"S a 7°15'13"S e 35°56'49"W a 35°56'51"W). O clima da região de acordo com a classificação de Köppen é quente e úmido com chuva de outono-inverno e classificado como As' com período de estiagem de cinco a seis meses. A temperaturas do ar varia entre a máxima anual de 28,6°C e a mínima 19,5 °C e a umidade relativa é bastante uniforme em toda a região, com médias em torno de 80%.

O relevo do local é suave ondulado e o solo corresponde a um Planossolo Háplico, com histórico de utilização como área de empréstimo para remoção de material para uso na construção de civil, com dimensões de 60 m de largura por 60 m de comprimento, totalizando 3.600 m<sup>2</sup>.

A água residuária utilizada para irrigação do experimento foi obtida de uma estação de tratamento primário (**Figura 1**) que trata o esgoto proveniente de banheiros e cozinha do Instituto Nacional do Semiárido (INSA) e está localizada nas imediações da área experimental; a água é aplicada via sistema de irrigação por gotejamento.

**Tabela 1.** Caracterização da água residuária utilizada para irrigação do solo.

pH	CE	N	P	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	COT	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>3-</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Cl <sup>-</sup>
-	dS m <sup>-1</sup>	----- mg L <sup>-1</sup> -----											
8,3	13,5	26,3	14	9,4	51,9	3,7	22,3	4,5	22,3	27,6	24,5	10,7	270

### Delineamento experimental

O experimento foi desenvolvido em delineamento experimental em blocos completos casualizados com parcelas subdivididas; os tratamentos nas parcelas constituiram cinco combinações de tipo/volume/frequência de água aplicada (T1 2,8 L dia<sup>-1</sup>, T2 7 L sem<sup>-1</sup> de água de abastecimento; T3, 1,4 L dia<sup>-1</sup> de AR; T4, 7 L sem<sup>-1</sup>, T5, 14 L sem<sup>-1</sup> de AR,) enquanto cinco espécies florestais (Freijó, Ipê roxo, Catingueira, Braúna e Aroeira branca) foram aleatorizadas nas subparcelas. A irrigação foi por gotejamento localizado a 10 cm de distância do caule de cada planta (600 mudas).

Para a caracterização inicial da área foram definidos 80 pontos amostrais e retiradas amostras de solo nas camadas de 0-15 e 15-30 cm no ano de 2012, antes da implantação dos tratamentos..

Para o presente trabalho foram distribuídos 10 pontos amostrais nos tratamentos T2, T4 e T5 (7 L sem<sup>-1</sup> de água de abastecimento, 7 L sem<sup>-1</sup> de AR e 14 L sem<sup>-1</sup> de AR, respectivamente) retirando-se amostras de solo em duas camadas, 0 a 15 cm e 15 a 30 cm. a 30 cm do caule das plantas (120 pontos amostrais). A composição química da AR utilizada no experimento foi resumida na **Tabela 1**.

### Análise do solo

(83) 3322.3222

contato@conidis.com.br

**www.conidis.com.br**

O solo da coletado inicialmente foi seco e peneirado em malha de 2 mm e analisado quanto aos atributo quimicos: pH, N, P, K<sup>+</sup>, Na<sup>+2</sup>, Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup>, Al<sup>+3</sup>, H+Al (**Tabela 2**) de acordo com Embrapa (2011).

**Tabela 2. Caracterização química do solo antes da implantação do experimento.**

pH	P	K <sup>+</sup>	Na <sup>+2</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Al <sup>+3</sup>	H+Al	SB	t	T	MO	N	V	m	PST	
	mg dm <sup>-3</sup>	----- cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----										-- g kg <sup>-1</sup> --		----- % -----		
Camada de 0-15 cm																
5,86	2,33	0,14	0,51	0,22	1,52	0,25	2,64	2,3	2,6	5	2,1	0,6	40,9	15,2	7,6	
Camada de 15-30 cm																
6,03	0,65	0,12	0,5	0,18	1,67	0,25	2,69	2,4	3,1	5,1	2,4	0,5	41,2	13,5	6,8	

t: CTC<sub>efetiva</sub>; T: CTC<sub>pH 7,0</sub>; MO: matéria orgânica; V: saturação por bases; m: saturação por Al; PST: porcentagem de sódio trocável.

Foi realizada análise granulometria (**Tabela 3**) de acordo manual de métodos de análise de solo (Embrapa, 2011).

**Tabela 3. Fração granulométrica e classe textural do solo na área experimental.**

Camada	Fração granulométrica			Classe Textural
	Areia	Silte	Argila	
cm	----- g kg <sup>-1</sup> -----			
0-15	716	150	134	Franco arenoso
15-30	707	146	147	Franco arenoso

Para a avaliação dos efeitos da utilização de água residuária nos teores de P do solo foi realizada análise dos teores de P extraível (Mehlich 1), quantificados pelo método colorimétrico da determinação do fosfomolibdato formado pela reação entre fosfato e molibdato em ácido sulfúrico e reduzido com ácido ascórbico (Murphy & Riley 1962).

### Análise estatística

Os dados de P extraível por Mehlich-1 foram submetidos a análise de variância e teste F ( $p \leq 0,1$ ), utilizando-se desenho em blocos completos casualizados, com quatro repetições e duas fontes de variação: qualidade/quantidade da água e camada de solo. Foi utilizado o procedimento MIXED do SAS University Edition (SAS, 2016), com Blocos como efeito variável e declarando a autocorrelação entre as duas camadas para essa comparação específica. Na ausência de interação ( $p < 0,1$ ), foram comparadas as médias dos efeitos principais aplicando-se o teste Tukey ( $p \leq 0,1$ ).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores P extraíveis por Mehlich-1 foram significativamente maiores nos tratamentos com aplicação de água residuária (AR), nos dois níveis de aplicação, que com a aplicação da água de abastecimento domiciliar (**Tabela 4**). Os valores médios observados na camada superficial passaram de 2,33 mg kg<sup>-1</sup> da amostragem inicial para 2,57 mg kg<sup>-1</sup> com água de abastecimentos, 3,52 mg kg<sup>-1</sup> com 7 L sem<sup>-1</sup> e para 3,9 mg kg<sup>-1</sup> com 14 L sem<sup>-1</sup> após dois anos de irrigação.

**Tabela 4** – Valores de P extraível (Mehlich-1) em solo antes (inicial) e após 3 anos de irrigação com água residuária em um solo degradado em perímetro peri-urbano no semiárido.

Tratamentos	Profundidade	
	0 -15	15 - 30
	----- mg kg <sup>-1</sup> -----	
Abastecimento	2,57Ba	1,65Bb
AR 7 L	3,52Aa	2,86Aa
AR 14 L	3,9Aa	2,88Ab

Médias comparadas pelo teste Tukey (0,05) para tratamento, letras maiúsculas na coluna e profundidades, letras minúsculas na linha.

O aumento do teor de P no solo pode ser justificado pelo alto teor deste nutriente na AR, que foi de 14,4 mg L<sup>-1</sup> (**Tabela 1**). O aumento significativo dos teores de P após a aplicação de AR também foram observados por outros autores (Caovilla et al, 2010; Anami et al, 2008) estudando as características químicas de solos cultivados irrigados com água residuária.

No presente estudo notou-se ocorrência de aumento de P extraível com Mehlich-1 também na camada sub-superficial, onde os valores médios observados na amostragem inicial passaram de 0,65 mg kg<sup>-1</sup> para 1,65 mg kg<sup>-1</sup> com água de abastecimentos, 2,86 mg kg<sup>-1</sup> com 7 L sem<sup>-1</sup> e para 2,88 mg kg<sup>-1</sup> com 14 L sem<sup>-1</sup> após dois anos de irrigação na camada dos 15 a 30 cm de profundidade.

O aumento nessa camada foi detectado ( $p < 0,05$ ) tanto em relação a água de abastecimento quanto em relação à camada superficial irrigada com água residuária. O P é considerado um ânion relativamente imóvel em solos, pois interage com a fase sólida e forma precipitados com Ca, Fe e Al (Olatuyi et al., 2009), diminuído sua mobilidade, principalmente em solos com maiores teores de argila. Por outro lado, em solos com textura arenosa a franco-arenosa como neste caso há relatos de ocorrência de transporte vertical. O transporte vertical de P no solo quando a fonte de P é um fertilizante líquido (Vitti et al, 1994) ou quando é aplicado com fertirrigação por gotejamento (Celho et al., 2004) e várias vezes superior que quando aplicado ao solo na forma sólida.

Por outro lado, em um latossolo vermelho irrigado com água residuária identificou-se baixa mobilidade de P no perfil do solo, mesmo irrigando por gotejamento Caovilla et al (2010). Isso coincide com os resultados de Araújo et al. (2003) e Heathwaite et al. (2000) que consideram insignificantes as perdas do elemento por lixiviação, mas vale salientar que esses autores estudaram solos com teores altos de argila.

A entrada de P no solo via irrigação por AR, pode proporcionar o aumento das concentrações de P disponível, tanto em camadas superficiais, como subsuperficiais, de acordo com Mohammad & Mazahreh (2003), uma vez que a textura do solo mais arenoso possibilita uma maior mobilidade e perdas de P pelo transporte vertical, consideradas inexistentes em solos argilosos (HEATHWAITE, 2000), devido a sua alta afinidade com os colóides do solo.

Portanto, o aumento nos teores de P constatados no presente estudo, certamente está associado a textura do solo, mais arenosa, que permitiu a movimentação vertical do P adsorvido aplicado na camada superficial para as camadas subsuperficiais.

## CONCLUSÃO

A irrigação com água residuária elevou a concentração de P extraível por Mehlich-1 nas camadas de 0-15 e 15-30 cm em um Planossolo Nátrico degradado, tornando-se uma alternativa viável na recuperação de solos degradados.

## AGRADECIMENTOS

A CAPES, ao CNPq e ao Instituto Nacional do Semiárido.

## REFERÊNCIAS

(83) 3322.3222

contato@conidis.com.br

**www.conidis.com.br**

ANAMI, M.H.; SAMPAIO, S.C.; SUSZEK, M.; DAMASCENO, S.; QUEIROZ, M.M.F. Deslocamento miscível de nitrato e fosfato proveniente de água residuária da suinocultura em colunas de solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.12, n.1, p.75-80, 2008.

ARAÚJO, C.; RUIZ, H.; SILVA, D.; FERREIRA, P.; ALVAREZ, V.; BAHIA, A. Eluição de fósforo em relação ao tempo de difusão em colunas com agregados de um latossolo vermelho distrófico. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.7, n.1, 2003.

CAOVILLA, F. A; SAMPAIO, S. C; SMANHOTTO, A; NÓBREGA, L. H. P; QUEIROZ, M. M. F; GOME, B. M. Características químicas de solo cultivado com soja e irrigado com água residuária da suinocultura. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, n.7, p.692-697, 2010

COELHO, E. F.; SANTANA, G. S.; SILVA, T. S. M.; RAMOS, M. M. Estimativa da concentração de potássio na solução do solo com base em leituras de condutividade elétrica e umidade por reflectometria no domínio do tempo. *Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola*, São Pedro. 33. Resumos, São Pedro: SBEA, CD-Rom. 2004

CRUZ, C. L; VASCONCELOS, A. C. F; OLIVEIRA, J. R. Situação de Impacto Ambiental: um estudo em uma Indústria de Extração Mineral. *Quallitas Revista Eletronica*, v. 15, n. 2, 2014.

DOETTERL, S; BERHE, A. A; NADEU, E; WANG, Z; SOMMER, M, FIENER, P. Erosion, deposition and soil carbon: A review of process-level controls, experimental tools and models to address C cycling in dynamic landscapes. *Earth-Science Reviews*, v. 154, 102-122, 2016.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011, 212 p.

HEATHWAITE, L.; SHARPLEY, A.; GBUREK, W.A. A conceptual approach for integrating phosphorus and nitrogen management at watershed scales. *Journal of Environmental Quality*, v.23, n.2, p.337-343, 2000.

KLEIN, C.; AGNE, S. A. A. Fósforo: de nutriente à poluente! *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, Cascavel, v. 8, n. 8, p. 1713-1721, 2012.

MEYER, M. F; SANTOS, E. N; PONTES, J. C; NASCIMENTO, P. H. M; ALMEIDA, L. E. S. Avaliação de viabilidade ambiental, técnica e econômica da atividade de extração de argila no município de Campina Grande-PB. 8 Congresso brasileiro de minas, 2014.

MOHAMMAD, M.J. & MAZAHREH, N. Changes in soil fertility parameters in response to irrigation of forage crops with secondary treated wastewater. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v.34, p.1281-1294, 2003.

OLATUYI, S. O.; AKINREMI, O. O.; FLATEN, D. N. & CROW, G. H. Accompanying cations and anions affect the diffusive transport of phosphate in a model calcareous soil system. Canadian Journal of Soil Science, v. 89, p. 179-188, 2009.

RODRIGUES, L. N; NERY, A. R; FERNANDES, P. D; BELTRÃO, N. E. M. Aplicação de água Residuária de esgoto doméstico e seus impactos sobre a fertilidade do solo. Revista de Biologia e Ciências da Terra, 9:2, 2009.

SANTOS, L. M. S; TAVARES, V. M. M; MEYER, M. F. Avaliação de viabilidade ambiental, técnica e econômica da atividade de extração de cascalho no município de Arês – RN. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia. 2015.

SAS Institute Inc., SAS University Edition, Cary, NC: SAS Institute Inc., 2016.

VITTI, G.C.; BOARETTO, A.E.; PENTEADO, S.R. Fertilizantes e fertirrigação. In: Fertilizantes fluídos. Piracicaba: Potafos, 1994. 343p.