



## **SOBRE ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

### **CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DOS EFLUENTES DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO DE PETROLINA-PE PARA POTENCIALIDADE DE REUSO NA AGRICULTURA IRRIGADA**

Kellison Lima Cavalcante<sup>1</sup>; Magnus Dall'Igna Deon<sup>2</sup>; Héliida Karla Philippini da Silva<sup>3</sup>; João Victor da Cunha Oliveira<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental, Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF), [kellisoncavalcante@hotmail.com](mailto:kellisoncavalcante@hotmail.com); <sup>2</sup>Doutor em Agronomia, Embrapa Semiárido, [magnus.deon@embrapa.br](mailto:magnus.deon@embrapa.br); <sup>3</sup>Doutora em Oceanografia, Instituto Senai de Tecnologias, [helidaphilippini@gmail.com](mailto:helidaphilippini@gmail.com); <sup>4</sup>Graduando em Tecnologia em Construção de Edifícios, Instituto Federal da Paraíba (IFPB), [joavictorwo@gmail.com](mailto:joavictorwo@gmail.com)

#### **INTRODUÇÃO**

A água potável disponível para uso constitui uma fração mínima do total de água existente na Terra, observando-se que este é um recurso cada vez mais escasso, seja pelos processos de urbanização, com aumento da demanda, seja pela redução da oferta de água de boa qualidade, condicionada pela poluição dos mananciais. É importante a necessidade de reduzir a poluição hídrica, buscar alternativas viáveis de aumento da oferta e definir melhor destinação da água, favorecendo a sua manutenção e a melhoria da sua qualidade.

Nesse sentido, as águas poluídas podem recuperar sua qualidade e voltar aos sistemas aquáticos por meio de tratamento de esgotos, podendo ter múltiplos usos. Assim, os esgotos de origem essencialmente doméstica ou com características similares, após tratamento, chamados de efluentes de estações de tratamento de esgotos, podem ser reutilizados para fins que exigem água de qualidade não potável, mas sanitariamente segura e apropriada, tais como, a irrigação agrícola.

Como instrumento efetivo na gestão dos recursos hídricos, Nobre et al. (2010) destacam que o uso de efluentes tratados na produção agrícola visa promover a sustentabilidade da agricultura irrigada, economizando águas superficiais não poluídas, mantendo a qualidade ambiental e servindo como fonte nutritiva às plantas. Os nutrientes contidos nos efluentes de estações de tratamento de esgoto têm valor potencial para produções agrícolas. Verifica-se que com a utilização de corpos d'água, contendo esgoto sanitário, poderá não haver falta de nutrientes, possibilitando boa produtividade agrícola, sem gastos com fertilizantes (TELLES, 2011).

Os efluentes tratados apresentam uma proporção de nutrientes que geralmente não são adequadas para a produção e nutrição de determinadas culturas agrícolas. Assim, Cavalcante et al. (2012), destacam que o uso de esgotos tratados na irrigação, faz-se necessária a elaboração e a avaliação de alguns parâmetros para a adequação da água à sua finalidade, ressaltando a importância da caracterização dos efluentes usados de acordo com suas características químicas.

Sistemas de reuso de água na agricultura, adequadamente planejados e administrados, proporcionam melhorias ambientais e nas condições de saúde, bem como nos aspectos econômicos.





## SOBRE ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

De acordo com Hespanhol (2003), destacam-se como vantagens a preservação dos recursos subterrâneos, a conservação do solo e o aumento da produção agrícola e de acordo com Dantas e Sales (2009), constitui método que minimiza a produção de efluentes e o consumo de água de qualidade superior. Pode-se dizer que do ponto de vista agrônômico e ambiental, estabelecendo-se um manejo adequado, os esgotos tratados podem substituir eficientemente a água de irrigação (PIVELI et al., 2008).

Dessa forma, este trabalho teve como objetivo a caracterização química dos efluentes das estações de tratamento de esgoto de Petrolina-PE para a potencialidade de reuso na agricultura irrigada, como medida mitigadora de impactos ambientais e alternativa para a disponibilidade hídrica para o setor agrícola da Submédio do Vale do Rio São Francisco.

### METODOLOGIA

O estudo abrangeu coletas e avaliações qualitativas dos Efluentes das Estações de Tratamento de Esgoto (EETE) de Petrolina-PE (Latitude 09° 23' 55" Sul e Longitude 40° 30' 03" Oeste) para a sua caracterização química. Os EETEs foram avaliados no Laboratório Agroambiental da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Semiárido).

Foram coletados e avaliados os efluentes de quatro estações de tratamento de esgoto (ETE) na zona urbana de Petrolina-PE, para a caracterização química dos efluentes produzidos. Todas as ETEs selecionadas empregam lagoas de estabilização, diferindo quanto à configuração de tratamento das lagoas, conforme distribuição na Tabela 1.

Tabela 1 – Localização e características das estações de tratamento de esgoto

ETE	SISTEMA	LOCALIZAÇÃO	CONFIGURAÇÃO
João de Deus (JD)	João de Deus	09° 21' 05,8" S 40° 32' 02,4" W	Lagoa Facultativa + Lagoa de Maturação
Manoel dos Arroz (MA)	Centro	09° 22' 44,2" S 40° 30' 25,4" W	Lagoa Facultativa
Rio Corrente (RC)	Centro	09° 23' 34,4" S 40° 33' 08,5" W	Lagoa Facultativa + Lagoa de Maturação
Cohab VI (C6)	Cohab VI	09° 24' 05,7" S 40° 32' 59,2" W	Lagoa Facultativa + Lagoa de Maturação

Fonte: elaborada pelo autor.

As ETEs selecionadas englobam uma diversidade de condições e processos de tratamento, proporcionadas pela origem dos esgotos e diferentes tipos e configurações dos sistemas de tratamento das lagoas. As ETEs da zona urbana têm o lançamento e a disposição do efluente realizado dentro da área de contribuição da bacia do Rio São Francisco, através de canais e riachos que cruzam a cidade, onde ocorre o processo de diluição em águas fluviais.





## SOBRE ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

As coletas foram realizadas mensalmente, no período de janeiro a dezembro, englobando as situações de maior precipitação mensal esperada (março = 136,3 mm), dois meses de baixa precipitação (junho = 5,1 mm e setembro = 5,6 mm) e um mês com precipitação próxima à média (novembro = 50,8 mm) segundo as normais climatológicas para a região de Petrolina-PE (RAMOS; SANTOS; FORTES, 2009).

Foram coletados 2 L de efluente em cada ETE em frascos de polietileno previamente lavados em laboratório e armazenados em caixa plástica revestida de isopor para manutenção da temperatura durante o transporte. Em laboratório, cada amostra foi dividida em duas parcelas iguais, uma para avaliações imediatas e outra adicionada de 2 mL de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) e acondicionadas em temperatura de 4 a 10° C. As análises realizadas estão listadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Métodos para análise química do efluente

VARIÁVEIS	DETERMINAÇÃO	REFERÊNCIAS
CE* e pH	Potenciometria	American Public Health Association (2012)
ST**	Gravimetria, com as amostras submetidas a evaporação e secagem	
DQO***	Espectrofotometria de absorção molecular através da oxidação com K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	
NTK****	Kjeldahl (destilação por arraste de vapor do N presente na solução ácida resultante da digestão com H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> e CuSO <sub>4</sub> , seguida por titulação com H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ).	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Espectrofotometria de absorção molecular através do método do indofenol, com solução de nitruprussiato-fenol	
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Espectrofotometria de absorção atômica através da leitura em UV	
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Espectrofotometria de absorção molecular através da reação com sulfanilamida e dicloreto de N-1(1-Naftil)-etilenodiamina	
Cl <sup>-</sup>	Volumetria por titulação com solução de AgNO <sub>3</sub>	
P	Extrator Mehlich 1 e espectrofotometria de absorção molecular por meio da leitura de complexo fosfomolibdico	Silva (2009)
K <sup>+</sup> e Na <sup>+</sup>	Espectrofotometria de emissão em chama	
Ca <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup> e S	Extrator KCl 1 e espectrofotometria de absorção atômica após reação com solução de La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
B, Cu <sup>2+</sup> , Fe <sup>2+</sup> , Mn <sup>2+</sup> , Zn <sup>2+</sup>	Extrator Mehlich 1 e medição direta por espectrofotometria de absorção atômica em chama	

Fonte: elaborado pelo autor de acordo com American Public Health Association (2012) e Silva (2009).

O risco de sodicidade foi estimado através do teor de sódio em relação aos teores de cálcio e magnésio, em mmol.L<sup>-1</sup>, estimando-se a razão de adsorção de sódio (RAS), conforme Equação 1.

$$RAS = (Na^+) / [(Ca^{2+} + Mg^{2+}) / 2]^{1/2} \quad (1)$$

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

- \* CE = Condutividade elétrica;  
 \*\* ST = Sólidos totais;  
 \*\*\* DQO = Demanda química de oxigênio;  
 \*\*\*\* NTK = Nitrogênio total Kjeldahl.





## SOBRE ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Os efluentes tratados contêm diversos componentes, os quais provêm da própria água e de ambientes naturais e concentrações que foram introduzidas a partir de atividades humanas e industriais. O conhecimento das características químicas dos efluentes com o objetivo de reuso na agricultura irrigada torna-se de fundamental importância e necessidade. As condições dos EETE podem modificar o teor das condições do solo, vindo a afetar a qualidade e a produção das culturas irrigadas, muitas vezes inviabilizando a atividade em determinados locais e situações. Os principais indicadores da qualidade dos EETE de Petrolina-PE estão distribuídos na Tabela 2.

Tabela 2 – Características químicas dos efluentes das estações de tratamento de esgoto de Petrolina-PE (média ± desvio padrão)

CARACTERÍSTICA	ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO			
	Manoel dos Arroz (MA)	João de Deus (JD)	Rio Corrente (RC)	Cohab VI (C6)
	-----( $\text{mg.L}^{-1}$ )-----			
P	30,9 ± 0,07	33,1 ± 0,06	17,7 ± 0,06	29,6 ± 0,07
K <sup>+</sup>	30,0 ± 0,27	56,0 ± 0,67	20,7 ± 0,26	27,3 ± 1,47
Ca <sup>2+</sup>	263,6 ± 0,22	185,5 ± 0,08	150,0 ± 0,00	173,6 ± 0,08
Mg <sup>2+</sup>	155,5 ± 0,08	112,7 ± 0,02	100,0 ± 0,01	87,3 ± 0,02
S	262,7 ± 0,07	271,8 ± 0,07	250,0 ± 0,01	210,0 ± 0,06
B	1,05 ± 0,06	1,25 ± 0,27	0,80 ± 0,10	1,03 ± 0,18
Cu <sup>2+</sup>	0,58 ± 0,04	0,59 ± 0,05	0,40 ± 0,20	0,52 ± 0,10
Fe <sup>2+</sup>	7,87 ± 3,29	5,60 ± 1,89	5,67 ± 3,11	5,36 ± 1,37
Mn <sup>2+</sup>	5,70 ± 1,60	6,60 ± 2,04	7,23 ± 0,11	5,87 ± 1,64
Zn <sup>2+</sup>	1,41 ± 0,30	1,44 ± 0,29	1,08 ± 0,10	1,25 ± 0,17
Na <sup>+</sup>	182,17 ± 24,12	202,52 ± 34,03	209,42 ± 22,62	144,72 ± 28,12
Cl <sup>-</sup>	228,03 ± 26,37	185,05 ± 27,10	168,40 ± 5,91	160,08 ± 25,49
DQO*	122,18 ± 45,75	137,46 ± 28,48	91,59 ± 10,28	89,34 ± 20,24
ST**	486,90 ± 65,72	491,40 ± 59,45	472,97 ± 129,92	444,49 ± 76,51
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,28 ± 0,14	0,32 ± 0,15	0,04 ± 0,002	0,20 ± 0,15
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,16 ± 0,10	0,20 ± 0,10	0,30 ± 0,004	0,23 ± 0,06
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	3,79 ± 0,73	6,66 ± 0,95	4,11 ± 0,18	3,85 ± 0,28
NTK*** ( $\text{mmol.L}^{-1}$ )	7,64 ± 2,45	8,73 ± 2,64	6,00 ± 0,00	7,27 ± 2,58
pH	7,26 ± 0,28	7,31 ± 0,28	7,01 ± 0,06	7,27 ± 0,24
CE ( $\text{dS.m}^{-1}$ )	1,00 ± 0,10	1,05 ± 0,09	0,94 ± 0,04	0,98 ± 0,08
RAS**** ( $\text{mmol.L}^{-1}$ )	3,68 ± 1,06	6,01 ± 3,30	4,63 ± 0,67	3,31 ± 0,75

Fonte: dados da pesquisa.

Para a irrigação, a qualidade dos efluentes tratados como substituto da água é determinada principalmente pela quantidade total de sais dissolvidos e a sua composição iônica. Os principais sais dissolvidos nos efluentes domésticos e que podem prejudicar as atividades agrícolas são os de Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup>. Os sais podem prejudicar o crescimento das plantas fisicamente, limitando a retirada de água através da modificação de processos osmóticos, ou quimicamente, por reações

\* DQO = Demanda química de oxigênio;

\*\* ST = Sólidos totais dissolvidos;

\*\*\* NTK = Nitrogênio total Kjeldahl;

\*\*\*\* RAS = Razão de adsorção de sódio.





## SOBRE ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

metabólicas causadas por constituintes tóxicos. Os efeitos dos sais nos solos, causando variações na estrutura, permeabilidade e aeração do solo, afetam indiretamente o crescimento das plantas.

Os teores de ST e de DQO encontram-se dentro da média mundial de 400-1200 e 30-160 mg.L<sup>-1</sup>, respectivamente, de acordo com estudo de Bouwer e Chaney (1974). Observa-se grande variabilidade dos dados da frequência em torno da média com os resultados do desvio padrão, porém, Fonseca et al. (2007) encontraram valores de ST e DQO próximos de 571,0 e 180,5 mg.L<sup>-1</sup> com variabilidade em torno da média também elevada.

Com relação aos nutrientes, os efluentes apresentam concentrações de N, P e K<sup>+</sup> consideradas muito altas por Feigin, Ravina e Shalhevet (1991), evidenciando o potencial de uso dos efluentes como fonte de água e de nutrientes, porém, indicando-se cuidados no manejo nutricional para não desequilibrar as necessidades nutricionais das culturas. Os teores de Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup>, considerados altos pelos mesmos autores, são benéficos para o balanço de nutrientes no sistema e para o balanceamento dos efeitos de Na no solo, resultando em uma menor RAS.

Em relação aos micronutrientes Cu<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup> e Zn<sup>2+</sup>, as concentrações médias estão acima das recomendadas por Feigin, Ravina e Shalhevet (1991), sendo indicadas para solos com baixa disponibilidade ou deficiência desses elementos. Essas concentrações foram acima das encontradas por Deon (2010) (0,012; 0,024; 0,036 e 0,01 mg.L<sup>-1</sup>, respectivamente), porém a concentração de Fe<sup>2+</sup> foi próxima a encontrada por Medeiros et al. (2005) (5,18 mg.L<sup>-1</sup>).

### CONCLUSÕES

Diante do crescente processo de escassez hídrica, torna-se discutível a necessidade de reduzir a poluição hídrica e buscar alternativas viáveis de aumento da oferta de água de modo a redefinir a utilização desse recurso natural. Assim, com a avaliação realizada foi possível concluir que os Efluentes das Estações de Tratamento de Esgoto (EETE) de Petrolina-PE, nas condições deste estudo, podem fornecer quantidades satisfatórias de N, P, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, S, B, Cu<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup> e Na<sup>+</sup>. É necessário também destacar prática de manejo agrícola com o uso de EETE que é de fundamental importância. A utilização de efluentes tratados na agricultura irrigada pode ser considerada como parte de uma atividade mais abrangente que é o uso racional e eficiente da água, compreendendo o controle de perdas e desperdícios, a minimização da produção de efluentes descarregados nos mananciais e a poluição hídrica, bem como a redução do consumo de água e a reciclagem de nutrientes presentes nos efluentes.

### REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**, 22. ed. Washington: APHA, 2012. 1268 p.

BOUWER, H.; CHANEY, R.L. Land treatment of wastewater. **Advances in Agronomy**, v. 26, p.





## **SOBRE ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

133-176, 1974.

CAVALCANTE, K. L.; MACIEL, W. M.; MACIEL, H. M.; NOGUEIRA, D. H.; GOMES, G. E. Avaliação da qualidade de efluentes para fins de reuso na irrigação no município de Iguatu-CE. In: INOVAGRI – INTERNATIONAL MEETING, 2012, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: IFCE, 2012.

DANTAS, D. L.; SALES, A. W. C. Aspectos ambientais, sociais e jurídicos do reuso da água. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, Fortaleza, v. 3, n. 3, p. 4-19, set./dez. 2009.

DEON, M. D. **Reciclagem de água e nutrientes pela irrigação da cana-de-açúcar com efluente de estação de tratamento de esgoto**. 2010. 89 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

FEIGIN, A.; RAVINA, I.; SHALHEVET, J. **Irrigation with treated sewage effluent: management for environmental protection**. Berlin: Springer-Verlag, 1991. 224 p.

FONSECA, A. F.; MELFI, A. J.; MONTEIRO, F. A.; MONTES, C. R.; ALMEIDA, V. V.; HERPIN, U. Treated sewage effluent as a source of water and nitrogen for Tifton 85 bermudagrass. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 87, p. 131-142, 2007.

HESPANHOL, I. Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. **Bahia Análise & Dados**, Salvador, v. 13, p. 411-437, 2003.

MEDEIROS, S. S.; SOARES, A. A.; FERREIRA, P. A.; NEVES, J. C. L.; 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, p. 603-612, 2005.

NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; SOARE, F. A. L.; ANDRADE, L. O.; NASCIMENTO, E. C. S. Produção do girassol sob diferentes lâminas com efluentes domésticos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 14, p. 747-754, 2010.

PIVELI, R. P.; MELFI, A. J.; MONTES, C. R.; GOMES, T. M. Reflexão sobre a qualidade e uso de esgoto tratado por lagoas de estabilização na agricultura. **Revista DAE**, n. 177, p. 63-70, 2008.

RAMOS, A. M.; SANTOS, L. A. R. dos; FORTES, L. T. G. **Normais climatológicas do Brasil: 1961 - 1990**. Brasília, DF: INMET, Departamento Nacional de Meteorologia, 2009. 465 p.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 627 p.





## SOBRE ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

TELLES, D. A. Aspectos da utilização de corpos d'água que recebem esgoto sanitário na irrigação de culturas agrícolas. In: NUVOLARI, A. (Coord.). **Esgoto sanitário**: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2011. p. 507-528.

