

II-314 - AVALIAÇÃO DA PRÁTICA DE REÚSO COM EFLUENTE DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO

Marcel Chacon de Souza⁽¹⁾

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade Potiguar (UnP). Mestre em Engenharia Sanitária pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (PPgES/UFRN). Coordenador de Saneamento da Agência Reguladora de Serviços Públicos do Rio Grande do Norte (ARSEP).

André Luis Calado Araújo⁽²⁾

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Mestre em Engenharia Sanitária pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Doutor em Engenharia Civil - University of Leeds. Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte e do Programa de Pós-graduação em Engenharia Sanitária da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Juliana Delgado Tinôco⁽³⁾

Engenheira Civil pela Universidade Potiguar (UnP). Mestre em Engenharia Sanitária pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (PPgES/UFRN). Doutora em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo (USP). Professora do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Endereço⁽¹⁾: Rua Neuza Farache, 1875, Condomínio AHEAD Capim Macio, Apartamento: 203 – Capim Macio – Natal - RN - CEP: 59.082-100 - Brasil - Tel: (84) 98818-2435 - e-mail: marcelchacon@gmail.com

RESUMO

O semiárido brasileiro é uma região que abrange 88% dos municípios do estado do Rio Grande do Norte, essa região é marcada por longos períodos de estiagem e chuvas irregulares, convivendo constantemente com o stress hídrico. Uma das alternativas para minimizar os efeitos da falta de chuvas é a utilização do esgoto doméstico tratado na irrigação agrícola, produzindo alimento para os animais e para a população em geral. Mas para isso é importante conhecer as características do esgoto tratado (efluente). Com base nessa necessidade foi formulado um plano de monitoramento de quatro estações de tratamento de esgoto (ETE) no estado do Rio Grande do Norte, sendo três delas localizadas em cidades instaladas na região semiárida (Caicara do Rio do Vento, Parelhas e Santana do Seridó) e uma instalada em uma região de transição entre o a região tropical e semiárida (Pedro Velho), todas com o reator principal sendo uma lagoa facultativa. O plano de monitoramento ocorreu ao longo com 12 meses. Foram realizadas análises laboratoriais para quantificar a demanda bioquímica de oxigênio - DBO, demanda química de oxigênio - DQO, sólidos suspensos, condutividade elétrica, pH, nitrogênio amoniacal total, fósforo total, sódio, cálcio, magnésio e coliformes termotolerantes. As visitas em campo subsidiam além das coletas das amostras dados operacionais do reúso do esgoto tratado, momento em que se buscava entender a forma de utilização desse efluente. Durante as campanhas também foram coletadas imagens aéreas de alta definição dos sistemas com um drone possibilitando entender a área de reúso como um todo. Foram pesquisados na literatura e em leis nacionais e internacionais, parâmetros que subsidiassem o reúso do efluente com segurança ambiental e sanitária. Foi concluído que os sistemas estudados não apresentam efluentes adequados ao reúso agrícola.

PALAVRAS-CHAVE: Reúso agrícola, Esgoto tratado, Semiárido, Lagoas de estabilização.

INTRODUÇÃO

Por ser um país continental, o Brasil tem diversas regiões que enfrentam dificuldades de suprir as necessidades de água, até mesmo para abastecimento público, tornando-se um fator limitante ao seu desenvolvimento econômico. Além disso, a pouca atenção dada ao tratamento de água residuárias tem resultado no lançamento de águas servidas não tratadas em corpos receptores, levando ao comprometimento da qualidade dos mananciais e tornado inviável o aproveitamento desses cursos d'água para o abastecimento público e mesmo para usos menos nobres. Esse panorama é mais visível nas proximidades dos grandes e médios centros urbanos, que gradativamente vêm substituindo suas fontes de águas mais próximas por mananciais mais distantes, a

custos de tratamento e adução cada vez maiores ou mesmo por mananciais subterrâneos que, embora com melhor qualidade de água, nem sempre conseguem suprir as demandas (PINTO, FORESTI & MARQUES JÚNIOR, 2006). Uma das regiões brasileiras que mais sofre com a escassez hídrica é o semiárido.

O semiárido brasileiro é uma região que ocupa 11,5% do território brasileiro, abrange um total de 1.262 municípios e abriga 11,8% da população do país. Segundo estimativa do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, mais de 23,8 milhões de pessoas vivem nesta Região (IBGE, 2014).

Tanto a ausência e/ou escassez das chuvas, quanto a sua alta variabilidade espacial e temporal são responsáveis pela ocorrência das secas, um fenômeno natural e cíclico nas regiões semiáridas.

Souza et al. (2016) afirmam que reutilização de águas residuárias é uma alternativa diante dos impactos sobre a produção agrícola e distribuição de alimentos nas regiões semiáridas.

Andrade Neto (2011) mostra que o reúso controlado de água reduz a necessidade de retirada das águas de mananciais, promovendo o uso dessas águas para usos mais restritivos. Uma quantidade menor de efluente final minimiza a poluição ambiental, que é uma das grandes responsáveis pela escassez de água, pela degradação da qualidade. O reúso da água apresenta justificativas econômicas e sociais, pois os custos ligados ao manejo dos efluentes são geralmente elevados.

Em muitos países da região do Mediterrâneo, caracterizados por frequentes períodos de seca, a produção agrícola ocorre com déficit de água ou em condições que causam o esgotamento dos recursos hídricos existentes. Nestas áreas, a reutilização de águas residuárias recuperadas para irrigação de culturas é uma alternativa que contribui para mitigar ou diminuir a escassez hídrica, apoiar o setor agrícola e proteger as águas subterrâneas (LIBUTTI, 2018).

Bastos e Bevilacqua (2006) sugerem que o reúso controlado garante a segurança sanitária, a sustentabilidade ambiental e a produção agrícola. Durante a discussão dos critérios de qualidade da água para reúso, devem ser considerados os diversos parâmetros físicos, químicos, e biológicos de interesse para as distintas modalidades de reúso urbano, industrial, agrícola e para produção animal.

MATERIAIS E MÉTODOS

Como áreas de estudo foram selecionadas quatro ETE no estado do Rio Grande do Norte, Brasil, localizadas nos municípios de Caiçara do Rio do Vento, Parelhas, Pedro Velho e Santana do Seridó. As áreas estudadas estão inseridas na região semiárida e ressalta-se que o município de Pedro Velho está situado em uma área de transição entre a região tropical e a região semiárida (Figura 1).

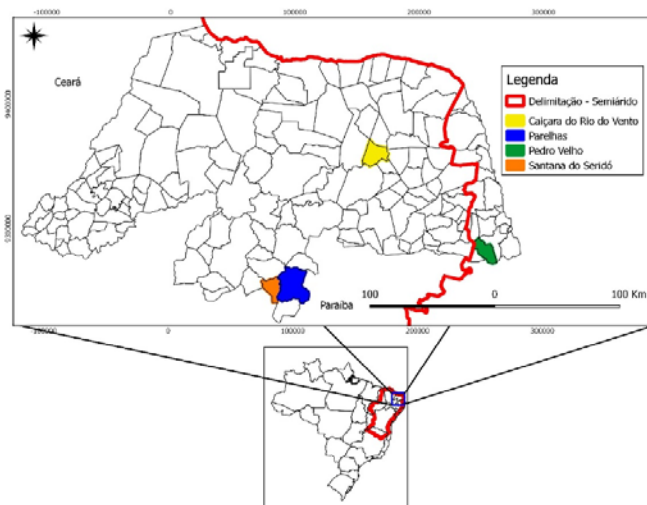


Figura 1 - Mapa do estado do RN, com delimitação da região semiárida e dos municípios de Caiçara do Rio do Vento, Parelhas, Pedro Velho e Santana do Seridó. Fonte: Autor (2018)

Os sistemas de tratamento foram escolhidos por suas semelhanças na utilização da lagoa facultativa como reator principal do sistema e pelo histórico de reúso não controlado dos efluentes dessas ETE. O sistema de tratamento da cidade de Parelhas é composto por uma lagoa facultativa, os demais sistemas contam com uma lagoa facultativa seguidas de duas lagoas de maturação em série, como visto na Figura 2.



Figura 2 – Imagens aéreas das estações de tratamento monitoradas, A) Parelhas, B) Santana do Seridó, C) Caiçara do Rio do Vento, D) Pedro Velho. Fonte: Autor (2018)

O plano de monitoramento conta com um total de 12 campanhas, por ETE, uma a cada mês iniciando em Julho de 2017 e finalizando em Junho de 2018. Em cada estação foi monitorada, a saída do sistema, caracterizando o esgoto tratado.

As coletas foram realizadas pela manhã, no intervalo entre 8:00h e 12:00h. Com o intuito de otimizar as coletas haviam duas equipes, uma responsável por coletar as amostras das ETE de Caiçara do Rio do Vento e Pedro Velho, e a segunda responsável por coletar as amostras em Santana do Seridó e Parelhas.

Os parâmetros quantificados em cada uma das amostras são: condutividade elétrica, pH, sólidos suspensos totais, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), nitrogênio amoniacal total, fósforo total, sódio, cálcio, magnésio e coliformes termotolerantes, seguindo como referência para os métodos de análise APHA et al. (2012).

A Razão de Adsorção de Sódio (RAS) foi quantificada conforme a equação (1):

$$RAS = Na^+ \div (((Ca^{2+} + Mg^{2+}) \div 2)^{0,5}) \quad \text{equação (1)}$$

Com os resultados das análises foram elaborados resumos estatísticos apresentando a média, desvio padrão, mínimo e máximo, para cada parâmetro analisado. Confeccionou-se gráficos tipo “Box Plot” e durante a sua confecção extraiu-se os valores atípicos, calculando o limite superior pela equação (2) e o limite inferior utilizando a equação (3), onde Q1 é o valor do primeiro quartil e Q3 o valor do terceiro quartil.

$$Lim.Sup = Q3 + (Q3 - Q1) * 1,5 \quad \text{equação (2)}$$

$$Lim.Inf = Q1 - (Q3 - Q1) * 1,5 \quad \text{equação (3)}$$

Neste trabalho foi utilizado um drone, modelo Phantom IV, para obtenção de imagens aéreas, melhorando a percepção da área de estudo, visualizando a área de influência do reúso.

Com a ajuda de imagens de satélite obtidas no Google Earth, criou-se imagens georreferenciadas que auxiliaram a melhorar o entendimento da influência do reúso nas regiões estudadas. Por meio dessas imagens e com o auxílio softwares, calculou-se as áreas de irrigação de cada cultura.

Com base em visitas de campo caracterizou-se cada um dos sistemas de tratamento de esgoto, buscando dados na literatura, empíricos e junto ao operador do sistema.

As estratégias de reúso encontrados em cada uma das estações de tratamento foram descritas de forma a entender a funcionalidade e a operacionalidade, caracterizando a forma de reúso dos esgotos tratados.

Com os dados das amostras, a caracterização dos sistemas de tratamento e de reúso, promoveu-se discussões considerando as legislações nacionais e internacionais.

RESULTADOS

Foi identificado reúso na forma direta no com o efluente em todas as áreas monitoradas e apenas no município de Caiçara do Rio do Vento não foi identificado o reúso de forma indireta.

No município de Caiçara do Rio do Vento o efluente é reutilizado na irrigação de capim elefante e palma. A área de irrigação é dividida entre famílias dessa forma a irrigação ocorre de forma setorizada, mas sem controle da vazão de irrigação, consumindo todo o efluente gerado pela ETE.

A irrigação com efluente tratado no município de Parelhas ocorre nas margens do Rio Seridó sem o controle da vazão de irrigação e com o direcionamento feito por meio de sulcos. O efluente excedente segue no Rio Seridó é reutilizado de forma indireta pela população local.

O sistema de reúso do esgoto tratado no município de Pedro Velho ocorre de forma sazonal, dependendo do ciclo de chuvas da região, na irrigação de milho, feijão e jerimum. A irrigação nas áreas de plantio segue com a captação do efluente diretamente na segunda lagoa de maturação ou no ponto de lançamento do no Rio Curimataú, ambas sem o controle da vazão. A irrigação ocorre em dois momentos, uma antes do plantio, onde o solo é encharcado proporcionando a água necessária para que a plantação brote e o segundo momento duas semanas após o surgimento das primeiras plantas, onde mais uma vez o solo é encharcado. O efluente excedente corre no Rio Curimataú e promove formas de reúso indireto.

Em Santana do Seridó o efluente da ETE passa por um sistema de pós-tratamento por filtração, para a irrigação controlada de palma forrageira, o esgoto tratado excedente é direcionado para o leito do Rio Santana.

Após as análises e com o tratamento estatístico foram obtidos os resultados apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Concentrações médias e desvios padrões obtidos nos efluentes tratados.

PARÂMETROS	ETE Caiçara		ETE Parelhas		ETE Pedro Velho		ETE Santana do Seridó	
	MÉDIA	±DV	MÉDIA	±DV	MÉDIA	±DV	MÉDIA	±DV
CE (µS/cm)	1669	215	2916	385	2861	476	761	112
pH	7,32	0,32	7,42	0,02	7,61	0,26	6,95	0,31
SST (mg/L)	160	73	93	22	84	47	56	19
DBO (mg/L)	159	92	120	19	66	25	75	42
DQO (mg/L)	493	142	357	17	267	50	214	71
NAT (mg/L)	37,2	8,3	59,6	13	26,8	3,5	21	5,9
PT (mg/L)	12,6	2,4	10	0,9	11,4	3,5	4	2,1
CT (NMP/100 ml) *	7,90x10 ⁴		1,60x10 ⁷		2,00x10 ⁵		1,70x10 ⁵	
Na (mg/L)	184	45,9	302	124,8	333,8	145,9	70,6	21,4
Ca (mg/L)	32,1	5,9	38,1	13,9	78,3	28,9	21,4	2,1
Mg (mg/L)	29,5	14,5	68,5	27,1	77,2	30,9	18,5	8,6
RAS	5,8	1,3	6,7	2,6	6,3	2,6	2,7	0,4

CE = Condutividade Elétrica, SST = Sólidos Suspensos Totais, NAT = Nitrogênio Amoniacal Total, PT = Fósforo Total, CT = Coliformes Termotolerantes, Na = Sódio, Ca = Cálcio, Mg = Magnésio e RAS = Relação de Adsorção de Sódio. *Mediana. Fonte: Autor (2018)

DISCUSSÃO

Com a caracterização dos efluentes dos sistemas monitorados observamos que as concentrações dos parâmetros analisados não estão condizentes com os parâmetros encontrados na literatura, consequentemente provocando riscos ao meio ambiente e a saúde da população local.

A remoção de matéria orgânica apresenta valores condizentes com a configuração dos sistemas de tratamento, mas não atingindo os valores recomendados para reúso.

As condutividades elétricas média dos esgotos tratados apresentam um risco de salinização de alto a muito alto e o RAS médio dos efluentes mostram um risco de sodificação do solo de médio a alto. Contudo mesmo com o uso contínuo do efluente na irrigação de culturas de capim de diferentes espécies, nas cidades de Caiçara do Rio do Vento, Parelhas e Santana do Seridó, a produtividade se manteve constante e o solo não se tornou impermeável.

O risco de contaminação por micro-organismos é uma realidade já que a média da concentração de coliformes termotolerantes está igual ou superior a 7,90x10⁴ (NMP/100ml), tornando o risco de contaminação elevado, superior aos valores sugeridos por Bastos e Bevilacqua (2006) e por Jeong, Kim e Jang (2016), para o reúso irrestrito.

A remoção de nutrientes não é muito eficiente, como era esperado visto à configuração dos sistemas, mas o baixo pH nas lagoas de maturação contribui ainda mais para a baixa eficiência.

Ainda é importante lembrar que as características e condições do reúso devem ser influenciadas pela qualidade final do efluente, dessa forma avaliar as características do esgoto tratado é importantíssimo para indicar a aplicabilidade de maior segurança e melhor custo benefício.

CONCLUSÕES

Tomando como referência as melhores médias obtidas por ETE, dos parâmetros analisados obteve-se: DBO média ≥ 66mg/L, DQO média ≥ 240 mg/L, coliformes termotolerantes médio ≥ 1,01x10⁶ NMP/100ml, sólidos suspensos totais médio ≥ 61 mg/L, nitrogênio médio ≥ 21,0 mg/L e condutibilidade elétrica ≥ 766µS/cm. Não apresentado efluente adequado ao reúso agrícola, com base nas legislações nacionais e internacionais.

O reúso do esgoto tratado é utilizado nas cidades de Caiçara do Rio do Vento, Parelhas e Santana do Seridó por falta de alternativa hídrica para a subsistência das populações agrícolas. Os sistemas de irrigação dessas cidades são criados pelos próprios usuários gerando risco a saúde e ao meio ambiente ou assessorado por instituições de pesquisa e ensino, possibilitando a minimização dos impactos adversos do reúso.

O sistema de reúso aplicado no município de Pedro Velho foi desenvolvido localmente oferecendo risco de contaminação microbiológica ao operador, pelo contato direto com o efluente, mas apresenta boa prática de manejo na irrigação, minimizando o risco de contaminação do solo e a potencialidade de contaminação dos frutos.

Os efluentes classificados com risco para a salinização do solo de alto a muito alto são utilizados na irrigação de culturas agrícolas por vários anos consecutivos nos municípios Caiçara do Rio do Vento e Parelhas, não apresentando prejuízos perceptíveis para a produtividade das culturas de capins irrigadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANDRADE NETO, C.O. O que vamos fazer com os esgotos tratados. Artigo, Infraestrutura Urbana, São Paulo, v. 2011, n. 9, p.80-80, nov. 2011. Mensal.
2. APHA *et al.* Standard methods for the examination of water and wastewater, 22nd ed. American Public Health Association, American Water Works Association, WaterFederation. Washington, DC., USA, 2012.
3. BASTOS, R.K.X., BEVILACQUA, P.D. Cap. 2 - Normas e Critérios de Qualidade para Reúso de Água. In: SANTOS, Maria de Lourdes Florêncio dos *et al.* Tratamento e Utilização de Esgotos Sanitários. Rio de Janeiro: ABES, 2006. p. 17-61.
4. BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.
5. JEONG, H., KIM, H., JANG, T. 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.
6. LIBUTTI, A., *et al.* Agro-industrial wastewater reuse for irrigation of a vegetable crop succession under Mediterranean conditions. *Agricultural Water Management*, v. 196, p. 1-14, 2018.
7. PINTO, M.A.T., FORESTI, E.; MARQUES JÚNIOR, J. Cap 10 - Reúso das Águas Residuárias. Uma Análise Crítica. In: SANTOS, Maria de Lourdes Florêncio dos *et al.* Tratamento e Utilização de Esgotos Sanitários. Rio de Janeiro: ABES, 2006. p. 394-403.
8. SOUZA, N.G.M., *et al.* Tecnologias sociais voltadas para o desenvolvimento do semiárido brasileiro. *Revista Biofarm*, v. 12, n. 03, 2016.