

QUALIDADE DA ÁGUA PARA REÚSO AGRÍCOLA EM CONDOMÍNIO DO SEMIÁRIDO POTIGUAR

Caetano Alves de Lima Neto¹, Valdívnia Gomes de Sousa Bezerra², Marcelo Tavares Gurgel³, Jorge Luiz Fernandes de Oliveira⁴, Erlen Kaline Avila do Nascimento⁵, Rafael Oliveira Batista⁶.

RESUMO: A demanda antrópica pelos recursos hídricos cresce consideravelmente. Diante da escassez hídrica principalmente em regiões semiáridas, o reúso da água surge como uma alternativa sustentável para a agricultura. Objetivou-se com esse estudo avaliar a qualidade da água residuária de uma estação de tratamento de um condomínio em Mossoró-RN. Análises foram realizadas nas amostras de efluente coletadas à montante do reator biológico aerado (EMR), à jusante do reator biológico aerado (EJR) e à jusante do reator ultravioleta artificial (EJRUV), para caracterização dos atributos pH, CE, Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ e coliformes. Os resultados indicaram que os atributos químicos não ultrapassaram os limites estabelecidos para água de irrigação. Contudo, o diagrama da U.S.S.L classificou as amostras de efluentes tratados como C3-S1, representando baixos riscos de sodicidade, mas alto risco de salinidade. Nos parâmetros da FAO, os efluentes em sua maioria não apresentaram impacto quando destinados à irrigação, com exceção de alguns parâmetros que apresentaram risco moderado a leve. Conclui-se que a água residuária tratada apresentou aumento no teor de sais, sendo necessário tecnologias e manejo adequado.

PALAVRAS-CHAVE: Água residuária, tratamento, irrigação, sustentabilidade.

WATER QUALITY FOR AGRICULTURAL REUSE IN A CONDOMINIUM ON SEMI-ARID REGION OF RIO GRANDE DO NORTE

ABSTRACT: The anthropogenic demand for water resources is growing considerably. Given

¹ Graduando em Agronomia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Caixa Postal 137, CEP: 59625-900, Mossoró, RN, Fone: (84) 996928825, E-mail: caetano.neto@alunos.ufersa.edu.br

² Doutoranda em Manejo de Solo e Água, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró-RN.

³ Docente, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró-RN.

⁴ Graduando em Agronomia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró-RN.

⁵ Doutoranda em Manejo de Solo e Água, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró-RN.

⁶ Docente, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró-RN.

the water shortage, especially in semiarid regions, water reuse has emerged as a sustainable alternative for agriculture. The objective of this study was to evaluate the quality of wastewater from a treatment plant in a condominium in Mossoró-RN. Analyses were performed on effluent samples collected from the effluents upstream of the aerated biological reactor (UBR), downstream of the aerated biological reactor (DBR) and downstream of the artificial ultraviolet reactor (DAUR), to characterize the attributes pH, EC, Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ and coliforms. The results indicated that the chemical attributes did not exceed the limits established for irrigation water. However, the U.S.S.L diagram classified the treated effluent samples as C3-S1, representing low risks of sodicity, but high risk of salinity. It is concluded that the treated wastewater showed an increase in salt content, requiring adequate technologies and management.

KEYWORDS: Wastewater, treatment, irrigation, sustainability.

INTRODUÇÃO

A expansão da população em áreas urbanas intensifica a degradação ambiental, a exemplo das deposições de águas residuárias domésticas não tratadas nos mananciais hídricos. Além da matéria orgânica presente nas águas residuárias, também são elevadas as concentrações de substâncias químicas e os níveis populacionais de microrganismos patogênicos nocivos à saúde humana e à fauna que habita os locais de deposição (Tomaz et al., 2022). Assim, o fato do semiárido possuir curtos períodos sazonais, precipitação pluvial baixa e má distribuída, a reutilização das águas surge como medida mitigadora da escassez hídrica (Santos et al., 2017). Segundo a FAO (2021), 70% da água utilizada para consumo é destinada à irrigação, 19% para as indústrias e 12% para uso urbano. Portanto, o uso de forma racional é importante para preservação desse recurso natural.

No município de Mossoró-RN, nota-se o aumento no surgimento de condomínios fechados. Alguns desses empreendimentos foram construídos em locais que não possuem esgotamento sanitário, sendo responsáveis pelo tratamento dos seus resíduos líquidos. Existem variados métodos para tratar águas residuárias, destacando-se a utilização de grades, desarenador, reator biológico aerado e reator ultravioleta. Diante o exposto, objetivou-se com esse trabalho avaliar a qualidade da água residuária coletada na estação de tratamento de em um condomínio em Mossoró-RN.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida em um condomínio na cidade de Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil (5° 11' 16'' S; 37° 20' 38'' W), que pertence a Mesorregião do Oeste Potiguar. De acordo com Köppen, o clima é classificado como semiárido (BSh), apresentando períodos secos e chuvosos, e uma vegetação típica de Caatinga hiperxerófila (Alvares et al., 2013).

O tratamento da água é feito por uma estrutura composta por grade, desarenador, reator biológico aerado e reator ultravioleta artificial, que opera com a vazão de 1,0 m³ h⁻¹ e atende a demanda de 103 casas. A princípio, as águas residuárias compostas por fragmentos grosseiros recolhidas nas residências passam por duas grades e o desarenador para impedir a passagem das partículas maiores, que são descartadas no aterro sanitário. Após este procedimento, a água é armazenada em um tanque de recalque para seguir as próximas fases. Em seguida, a água segue para o reator biológico aerado, composto por dois aeradores, que fornecem oxigênio para as bactérias aeróbicas decompor o material orgânico (Bezerra et al., 2021). A próxima e última etapa de tratamento, consiste em expor o líquido à radiação UVC para que os microrganismos patogênicos sejam eliminados.

Foram determinados os atributos físico-químicos e microbiológicos pH, CE, K⁺ Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ e coliformes termotolerantes e totais. O experimento foi realizado em um período de quatro meses, com amostras coletadas do efluente à montante e à jusante do reator biológico aerado, e à jusante do reator ultravioleta artificial. Para avaliar os riscos de salinidade e sodicidade, foi utilizado o diagrama da U.S.S.L, por intermédio do software Qualigraf (FUNCEME, 2023). Os valores obtidos também foram comparados com os parâmetros e padrões da FAO (Drechsel; Marjani Zadeh; Pedrero, 2023).

(A) Calha de recepção



(B) Biodigestor



(C) Leito de secagem



(D) Desinfecção U.V



(E) Poço de Visita



Figura 1. Imagens dos dispositivos de tratamento de esgoto sanitário na estação.

Fonte: Bezerra (2018).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 apresentam os valores dos atributos físico-químicos e microbiológicos dos efluentes coletados em uma estação de tratamento de condomínio no município de Mossoró. Todos os elementos químicos apresentaram valores inferiores aos padrões propostos por Almeida (2010) e na Resolução COEMA nº 02/2017 (CEARÁ, 2017) para águas destinadas à irrigação. No entanto, em 17/10, houve um aumento um aumento no pH no EMR, mas sem ultrapassar os limites estabelecidos.

Com relação aos cátions, nota-se um aumento no decorrer dos meses. Em 10/17, no EMR, o Na^+ apresenta um aumento em relação às demais amostragens. O Ca^{2+} , em 19/09, apresenta aumento de concentração no EMR. O K^+ teve um aumento no dia 17/10 no EMR. Com o aumento da concentração de cátions na água, conseqüentemente aumenta a CE, como mostrado na Tabela 1. Todavia, mesmo com o aumento, todos os valores dos atributos químicos ficaram

abaixo do padrão recomendado por Almeida (2010) e na Resolução COEMA nº 02/2017 (CEARÁ, 2017). Desde modo, a água não oferece riscos quanto aos

atributos físico-químicos. Além disso, os baixos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} , não comprometem o sistema de irrigação por gotejamento com relação a risco de obstrução de emissores.

Contudo, observa-se o aumento no nível populacional de bactérias termotolerantes, provavelmente devido a formação de biofilme nas lâmpadas, que demandam limpeza periódica. Em 17/10, no EJRUUV, o aumento dos microrganismos é maior em relação aos meses anteriores e somente nessa amostragem os níveis populacionais de *E. coli* de EJRUUV ultrapassaram o valor limite de 103 NMP 100 mL⁻¹ para reúso agrícola e florestal, nas demais avaliações o padrão microbiológico foi atendido (CEARÁ, 2017)

Tabela 1. Atributos físico-químicos e microbiológicos do efluente de uma estação de tratamento de um condomínio em Mossoró-RN.

Atributos	Características químicas								
	pH	CE	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	RAS	<i>E. coli</i>	C.T.
Unidade	-	dS m ⁻¹		Mmolc L ⁻¹			Mmolc L ⁻¹) ^{1/2}	NMP 100 mL ⁻¹	
05/07/17									
EMR	7,36	1,47	4,22	2,31	1,99	0,99	2,91	2,4x10 ⁸	1,04x10 ⁸
EJR	7,24	0,96	4,27	2,58	1,50	0,90	2,99	1,6x10 ⁵	>2,42x10 ⁶
EJRUUV	7,38	0,40	5,03	2,80	1,57	1,04	3,41	<10	<10
02/8/17									
EMR	7,29	0,74	4,80	3,20	0,83	1,03	3,38	3,07x10 ⁷	2,10x10 ⁸
EJR	7,27	0,70	4,98	4,20	0,43	1,07	3,27	1,93x10 ⁵	1,56x10 ⁶
EJRUUV	7,38	0,72	4,90	3,18	1,33	1,06	3,28	<10	<10
19/09/17									
EMR	7,78	1,49	6,24	3,80	0,47	1,08	4,27	1,59x10 ⁷	1,11x10 ⁸
EJR	7,37	1,16	5,85	2,83	1,64	1,12	3,90	8,73x10 ⁵	6,13x10 ⁶
EJRUUV	7,33	1,15	5,75	2,70	2,31	1,12	3,64	<10	<10
17/10/17									
EMR	7,91	1,41	7,44	2,07	2,04	1,34	5,19	1,51x10 ⁷	1,31x10 ⁸
EJR	7,62	1,43	4,99	2,08	1,70	1,25	3,62	2,44x10 ⁵	1,65x10 ⁶
EJRUUV	7,32	1,45	5,12	2,19	1,32	1,15	3,88	5,01x10 ³	2,49x10 ⁴
Padrões	6,0 a 8,5 ⁽¹⁾	3,0 ⁽²⁾	40 ⁽²⁾	20 ⁽²⁾	5 ⁽²⁾	2 ⁽²⁾	-	10 ³ ⁽¹⁾	-
Remoção	-	27,20	8,37	4,48	-22,51	1,58	-	-	-

Nota: EMR - Efluente coletado à montante do reator biológico aerado; EMJ- Efluente coletado à jusante do reator biológico aerado; EJRUUV - Efluente coletado à jusante do reator ultravioleta artificial; pH- Potencial hidrogeniônico; CE- Condutividade elétrica; Na⁺- Sódio; Ca²⁺- Cálcio; Mg²⁺- Magnésio; K⁺- Potássio; RAS- Relação de adsorção de sódio; *E. coli*- Escherichia coli; CT- Coliformes totais. (1) Resolução COEMA nº 2/2017, referente a critérios de reúso urbanos, agrícolas, florestais e ambientais; e (2) Almeida (2010).

Na classificação da U.S.S.L para águas destinadas à irrigação, os tratamentos não apresentam risco de sodicidade, sendo classificados como baixo. Com relação ao risco de

salinização, o diagrama classificou os tratamentos como C3-S1, ou seja, alto risco de salinização. Entretanto, o tratamento coletado à montante do reator biológico aerado (EMR), teve uma leve superioridade em relação aos demais, o que indica a diminuição dos sais após o tratamento da água.

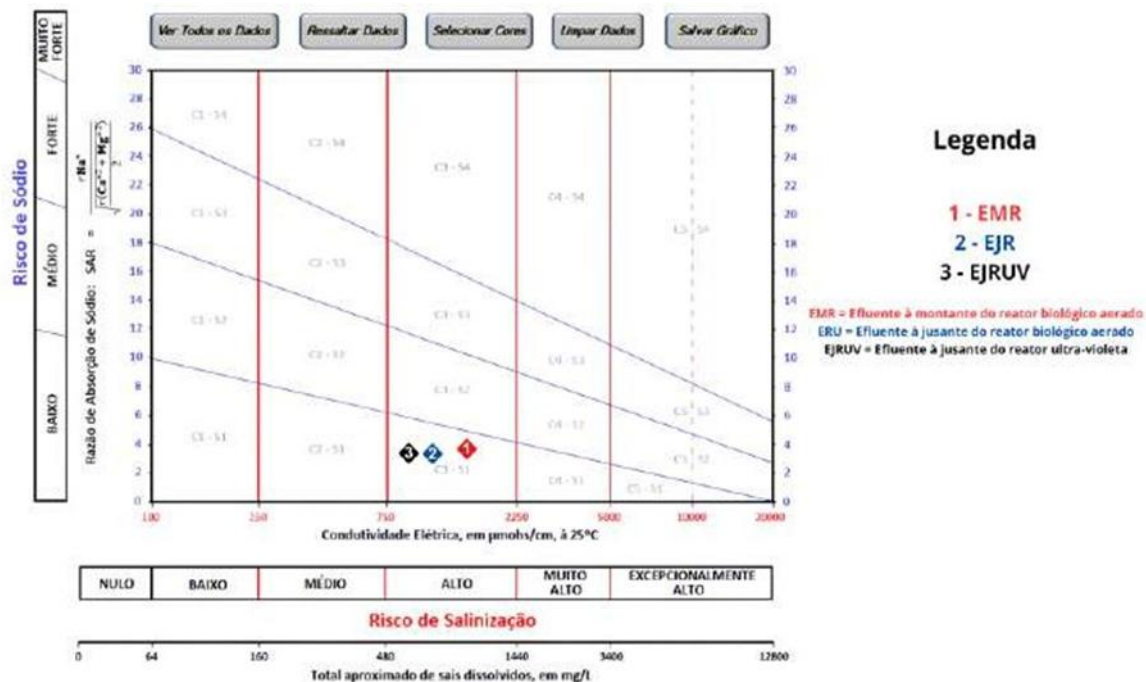


Figura 2. Diagrama da U.S.S.L para EMR, EJR e EJRUUV para avaliar os riscos de salinidade e sodicidade.

Nota: EMR - Efluente coletado à montante do reator biológico aerado; EJR - Efluente coletado à jusante do reator biológico aerado; EJRUUV - Efluente coletado à jusante do reator ultravioleta artificial.

Na Tabela 2 que classifica os parâmetros de importância agrônômica das águas para irrigação, observa-se que todos os tratamentos coletados a montante do reator biológico aerado tiveram um efeito leve a moderado no crescimento das culturas em relação à CE. Em relação ao efluente coletado à jusante do reator ultravioleta artificial, todos os tratamentos apresentaram valores que indicam um impacto leve a moderado, exceto o primeiro tratamento, cujo valor ($0,40 \text{ dS m}^{-1}$) é inferior a $0,70 \text{ dS m}^{-1}$.

No que diz respeito à infiltração de água no solo, verifica-se que todos os efluentes coletados a montante do reator biológico aerado exibiram valores que não causam impacto. Para isso, utilizaram-se os valores da condutividade elétrica (CE) e da relação de adsorção de sódio (RAS). Com exceção do segundo tratamento, que mostrou um impacto leve a moderado, todos os tratamentos coletados a jusante do reator biológico aerado não apresentaram risco de impacto. No que diz respeito ao reator ultravioleta artificial, o primeiro e o segundo tratamentos mostraram um impacto de leve a moderado, enquanto os demais não apresentaram risco.

Tabela 2. Diretrizes da FAO para parâmetros com importância agrônômica para irrigação agrícola.

Impactos	Parâmetros	Classificação do impacto			
		Sem impacto	Leve a moderado	Severo	
Salinidade					
No crescimento das culturas	CE (ds m ⁻¹)	< 0,70	0,7 a 3,0	> 3,0	
	SDT (mg L ⁻¹)	< 450	450 a 2000	> 2000	
Sodicidade - RAS (mmolc L-1)0,5 versus CE (dS m-1)					
Na infiltração de água do solo	RAS-0 a 3	CE > 0,7	0,7 a 0,2	CE < 0,2	
	RAS-3 a 6	CE > 1,2	1,2 a 0,3	CE < 0,3	
	RAS-6 a 12	CE > 1,9	1,9 a 0,5	CE < 0,5	
	RAS-12 a 20	CE > 2,9	2,9 a 1,3	CE < 1,3	
	RAS-20 a 40	CE > 5,0	5,0 a 1,9	CE < 1,9	
Toxicidade de íons específicos					
No crescimento das culturas	Na ⁺ Irrigação por superfície	< 3 mmolcL ⁻¹	3 a 9 mmolcL-1	> 9 mmolcL ⁻¹	
	Na ⁺ Irrigação por aspersão	< 3 mmolcL ⁻¹	>3 mmolcL-1		
	ClIrrigação por superfície	< 4 mmolcL ⁻¹	4 a 10 mmolcL ⁻¹	> 10 mmolcL ⁻¹	
	ClIrrigação por aspersão	< 3 mmolcL ⁻¹	> 3 mmolcL ⁻¹		
	Boro	< 0,7 mg L ⁻¹	0,7 a 3,0 mg L ⁻¹	> 3,0 mg L ⁻¹	
	Elementos traço – máxima concentração em mg L-1 Cd, Mo – 0.01; Se – 0.02; Co – 0.05; As, Be, Cr, V – 0.1; Cu, Mn, Ni – 0.2; F – 1.0; Zn– 2.0; Li – 2.5; Al, Fe, Pb – 5.0				
	Efeitos diversos	N	< 5 mg L ⁻¹	5 a 30 mg L ⁻¹	> 30mg L ⁻¹
HCO ₃ ⁻		1,5 mmolcL ⁻¹	1,5 a 8,5 mmolcL ⁻¹	> 8,5 mmolcL ⁻¹	
pH			6,5 a 8,0		
Parâmetros de entupimento de emissores de sistemas de irrigação localizada					
Entupimento de emissores	SST	<50 mg L ⁻¹	50 a 100 mg L ⁻¹	>100 mg L ⁻¹	
	SDT	<500 mg L ⁻¹	500 a 2000 mg L ⁻¹	>2000 mg L ⁻¹	
	Mn	<0,1 mg L ⁻¹	0,1 a 1,5 mg L ⁻¹	>1,5 mg L ⁻¹	
	Fe	<0,1 mg L ⁻¹	0,1 a 1,5 mg L ⁻¹	>1,5 mg L ⁻¹	
	H ₂ S	<0,5 mg L ⁻¹	0,5 a 2,0 mg L ⁻¹	>2,0 mg L ⁻¹	
	Contagem de bactérias	<10.000 UFC mL ⁻¹	10.000 a 50.000 UFC mL ⁻¹	>50.000 UFC mL ⁻¹	

Nota: CE – Condutividade elétrica; SDT – Sólidos dissolvidos totais; RAS – Razão de adsorção de sódio; SST –Sólidos suspensos totais; e H₂S – Sulfeto de hidrogênio.

CONCLUSÕES

O sistema de tratamento apresentou aumento dos sais ao final do experimento, porém, todos obtiveram resultados dentro dos padrões para a utilização da água na irrigação. Contudo, de acordo com o diagrama da U.S.S.L, a água apresenta risco de salinização, sendo necessário outras tecnologias e manejo adequados tais como lâmina de lixiviação, drenagem e uso de culturas tolerantes para mitigar a salinização do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, O. A. **Qualidade da água de irrigação**. 1 ed. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca Fruticultura, 2010. 227p.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, p. 711-728, 2013.
- BEZERRA, V. G. de S. **Análise do desempenho de uma estação de tratamento de água residuária doméstica na cidade de Mossoró-RN**. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2018.
- BEZERRA, V. G. de S., TAVARES, M. G., DOMBROSKI, S. A. G., CAVALCANTE, F. L., DI SOUZA, L., MARTINS, R. C. G., BATISTA, R. O. Desempenho de estação de tratamento de esgoto doméstico no semiárido brasileiro e potencial de seu efluente para fins de irrigação. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 4, p. 36159-36174, 2021.
- CEARÁ. Resolução COEMA nº 2, de 23 de janeiro de 2017. Estabelece critérios para o reuso de água nas modalidades urbanas, agrícolas, florestais e ambientais. **Diário Oficial do Estado do Ceará**, Fortaleza, 2017.
- DRECHSEL, P.; MARJANI ZADEH, S.; PEDRERO, F. (Eds). **Water quality in agriculture: Risks and risk mitigation**. Rome: FAO & IWMI, 2023. 192p.
- FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **The state of the world's land and water resources for food and agriculture – systems at breaking point**. Roma: FAO, 2021. 220 p.
- QUALIGRAF. FUNCEME. 2023. Disponível em: <https://qualigraf.funceme.br>. SANTOS, W. M.; SILVA SOUZA, R. M.; SOUZA, E. S; ALMEIDA, A. Q.; DANTAS
- ANTONINO, A. C. Variabilidade espacial da sazonalidade da chuva no semiárido brasileiro. **Journal Of Environmental Analysis and Progress**, v. 2, n. 4, p. 368-376, 2017.
- TOMAZ, A.T; BARTHUS, R. C; COSTA, C. R; RIBEIRO, J. Decontamination of Wastewater Containing Organic Pollutants: a review. **Revista Virtual de Química**, v. 15, n. 1, p. 183-199, 2023.