

II-117 - AVALIAÇÃO DA REMOÇÃO DE COLIFORMES E PARASITAS EM UM SISTEMA DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO NO MUNICÍPIO DE RIACHO DA CRUZ, RN

Fiama Raissa Coelho Pereira⁽¹⁾

Bacharela em Ciência e Tecnologia pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Graduanda em Engenharia Civil pela UFERSA.

Dannylo Soares Paiva

Bacharel em Ciência e Tecnologia pela UFERSA. Graduando em Engenharia Civil pela UFERSA – Campus Pau dos Ferros.

Solange Aparecida Goularte Dombroski

Engenheira Sanitarista pela UFMT. Mestre em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela EESC-USP. Doutora em Engenharia Civil, área de saneamento, pela Escola Politécnica da USP. Professora da UFERSA.

Fernanda Lima Cavalcante

Graduação em Tecnologia em Meio Ambiente pelo Centro Federal Tecnológico do Rio Grande do Norte (2005). Bióloga pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte, UFRN (2006). Mestre em Engenharia Sanitária pela UFRN (2007). Doutora em Manejo de Solo e Água pela UFERSA (2017). Professora do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte - Campus Mossoró.

Mariana Kummer da Rocha Pinheiro

Bacharela em Ciência e Tecnologia pela UFERSA. Graduanda em Engenharia Civil pela UFERSA.

Endereço⁽¹⁾: Av. Antônio José de Freitas, 1303 - Centro - Jaguaruana - Ceará - CEP: 62823-000 - Brasil - Tel: (88) 3418-2048 - Fax: (88) 3418-2048 - e-mail: fiamaraissa-150@hotmail.com.

RESUMO

Dentre os sistemas de tratamento de esgoto, as lagoas de estabilização destacam-se pela simplicidade, baixos custos de construção e manutenção, além da eficiência. No Brasil, o clima predominantemente tropical tem contribuído para a ampla utilização de lagoas no tratamento dos esgotos. Um dos propósitos das lagoas de estabilização é a remoção de organismos patogênicos, os quais podem causar diversos tipos de doenças caso os efluentes sejam lançados fora dos padrões requeridos. O presente trabalho teve por objetivo avaliar o sistema de tratamento do esgoto sanitário, tipo lagoas de estabilização, do município de Riacho da Cruz, Rio Grande do Norte, quanto à remoção de coliformes e ovos de helmintos, e discutir a possibilidade de reúso do efluente tratado na irrigação. O sistema de tratamento em questão é composto por tratamento preliminar e três lagoas de estabilização em série. Para a determinação de coliformes nas amostras coletadas em quatro pontos da estação de tratamento de esgoto (ETE) de Riacho da Cruz, utilizou-se o método do substrato definido, com quantificação de coliformes totais (CT) e *Escherichia coli* (*E. coli*). Quanto aos ovos de helmintos, foram coletadas amostras em três pontos do sistema, sendo quantificados a partir do método de *Bailenger* modificado. Os resultados observados a partir de amostras coletadas no final da terceira lagoa de estabilização da ETE, indicaram concentrações médias de coliformes totais de $7,67 \times 10^5$ NMP.100mL⁻¹ e de $2,39 \times 10^2$ NMP.100mL⁻¹ para *E. coli*, subgrupo de coliformes fecais. No que diz respeito aos ovos de helmintos, na última lagoa não foram encontrados ovos, obtendo-se um valor médio menor que 1 ovo.L⁻¹. Considerando as características hidráulicas e do monitoramento executado na última lagoa de estabilização, as concentrações de *E. coli* e ovos de helmintos atenderam as diretrizes da Organização Mundial da Saúde (OMS) e do Programa de Pesquisas em Saneamento Básico (PROSAB) para uso agrícola irrestrito. Para uma melhor avaliação da possibilidade de promover o reúso do esgoto tratado na ETE por lagoas de estabilização do município de Riacho da Cruz, Rio Grande do Norte, recomenda-se um monitoramento mais prolongado, incluindo variáveis físico-químicas, além da realização de análises ao longo do perfil da coluna de água.

PALAVRAS-CHAVE: Tratamento de esgoto, Lagoas de estabilização, *Escherichia coli*, Ovos de helmintos, Reúso.

INTRODUÇÃO

O setor de saneamento básico abrange um conjunto de ações que visam tornar e assegurar que o ambiente esteja dentro de condições preestabelecidas por normas e leis, de modo a garantir a qualidade de vida da população. A lei federal nº 11.445/2007 (BRASIL, 2007), especifica que o saneamento básico inclui quatro componentes: abastecimento de água potável; esgotamento sanitário; limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e drenagem; e manejo das águas pluviais. Quanto ao esgotamento sanitário, parte significativa da população brasileira ainda não conta com este atendimento, o que pode comprometer a saúde e o bem-estar desta. No Brasil, o índice de atendimento com redes coletoras de esgotos dos municípios prestadores de serviços participantes do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) em 2014 era de 49,8% (MCIDADES, 2016).

Para Costa (2010), o município ideal deve conter um sistema de esgotamento sanitário capaz de atender 100% das residências, do comércio e do complexo industrial, através das redes coletoras, interceptores e emissários devidamente executados e tratamento competente da água residuária. Assim, conforme a autora, essa é uma necessidade básica e de urgência para a formação, ou transformação, de uma sociedade saudável, promissora e com qualidade de vida.

Quanto ao tratamento dos esgotos, dentre os sistemas, as lagoas de estabilização destacam-se pela simplicidade, baixos custos de construção e manutenção, além da eficiência. Um dos seus propósitos é a remoção de organismos patogênicos, os quais podem causar diversos tipos de doenças de veiculação hídrica, caso os efluentes sejam lançados nos recursos hídricos sem tratamento, ou até mesmo tratados, porém sem estarem adequadamente desinfetados.

O município de Riacho da Cruz, localizado no RN, conta com uma estação de tratamento de esgotos (ETE) composta por três lagoas de estabilização em série, além do tratamento preliminar. Conforme os dados do SNIS 2014 (MCIDADES, 2016), 100% da população urbana (2.785 habitantes) de Riacho da Cruz, era atendida com esgotamento sanitário, sendo coletados e tratados um volume de esgotos de 110.000 m³.ano⁻¹, não constando informações acerca dos parâmetros biológicos, tais como coliformes e ovos de helmintos.

Dado o atual cenário de escassez hídrica em diferentes locais do mundo, tornou-se imprescindível a busca por alternativas capazes de atender a crescente demanda por este recurso de forma qualitativa e quantitativa, tal como o reúso de efluentes tratados. Desta forma, este trabalho buscou avaliar parâmetros microbiológicos utilizados como referência para o reúso agrícola de esgoto tratado.

OBJETIVO

Avaliar o sistema de tratamento do esgoto sanitário do município de Riacho da Cruz, Rio Grande do Norte, quanto à remoção de *Escherichia coli* e ovos de helmintos e discutir a possibilidade de reúso do efluente.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo na qual a referida pesquisa foi realizada, situa-se no município de Riacho da Cruz, localizado no Estado do Rio Grande do Norte. O clima da região é muito quente e semiárido, com 593,6 mm de precipitação pluviométrica observada em 2007 e temperatura média de 27,7 °C (IDEMA, 2008).

De acordo com o IBGE (2016), a população estimada do município de Riacho da Cruz, em 2016, era de 3.526 habitantes. Em 2015, a área da unidade territorial foi contabilizada em 127,223 km² e em 2010, a densidade demográfica foi de 24,88 hab.km⁻² (Ibid.). A Figura 1 apresenta a delimitação do município de Riacho da Cruz, RN.

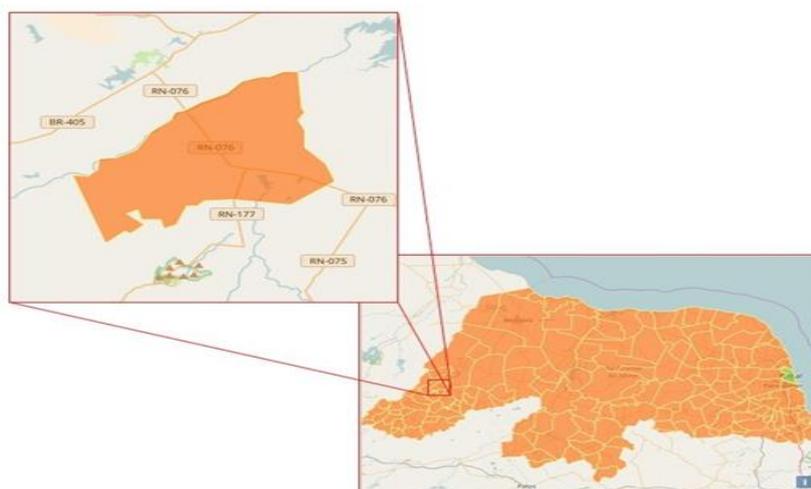


Figura 1: Localização do município de Riacho da Cruz, RN, Brasil.
Fonte: Adaptado de IBGE (2016).

A pesquisa foi desenvolvida a partir de cinco amostragens de água em quatro pontos da ETE de Riacho da Cruz, RN, para determinação de variáveis microbiológicas e biológica. As análises físico-químicas realizadas estão apresentadas em outro trabalho (PAIVA, 2016). A Figura 2 apresenta o esquema do tratamento preliminar da ETE, assim como dois pontos de coleta de amostras, P1 e P2, respectivamente, antes e após o tratamento preliminar.

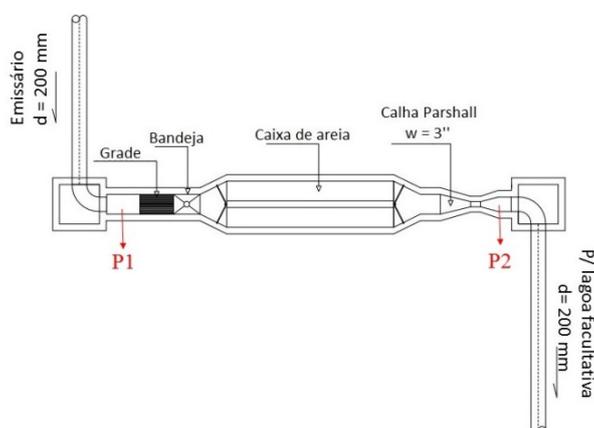


Figura 2: Esquema do tratamento preliminar da ETE de Riacho da Cruz, RN.
Fonte: Paiva (2016).

A Figura 3 mostra o esquema das três lagoas (lagoa facultativa e lagoas de maturação em série) que compõem a ETE de Riacho da Cruz, apresentando ainda, os pontos de coleta de amostras P3 e P4, sendo o final da lagoa facultativa e o final da lagoa de maturação secundária, respectivamente.

Os pontos de coleta, assim como as análises realizadas, são apresentados na Tabela 1. Salienta-se ainda que as amostras foram superficiais e do tipo simples.

Sobre os pontos P3 e P4, cabe mencionar algumas informações e critérios adotados: (i) o ponto P3 se referiu a um ponto dentro da lagoa facultativa, próximo à tubulação do seu efluente. Esta decisão decorreu do fato de haver um fluxo mínimo de efluente no canal de ligação entre a lagoa facultativa e a lagoa de maturação primária, dificultando a coleta de amostra; (ii) o ponto P4 se localizou dentro da lagoa de maturação secundária (última lagoa da ETE), próximo da tubulação de saída do efluente. Tal localização ocorreu em função da ETE não apresentar efluente final durante o período da pesquisa. Em todas as amostragens, o nível da água da lagoa de maturação secundária estava abaixo da tubulação de saída da mesma.

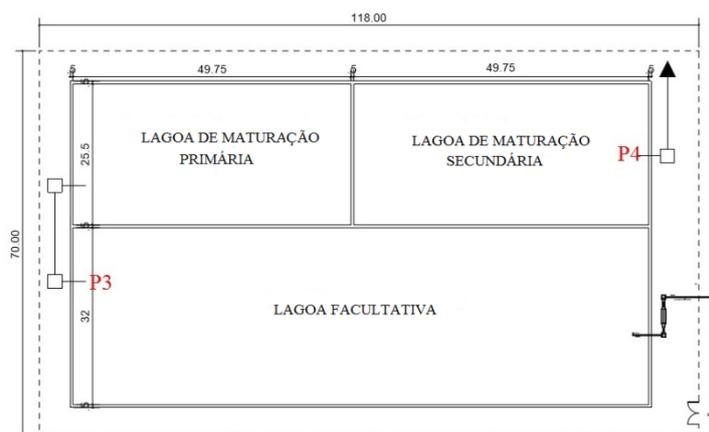


Figura 3: Esquema da série de lagoas de estabilização da ETE de Riacho da Cruz, RN.
Fonte: Paiva (2016).

Ainda quanto ao ponto P4, em função do exposto anteriormente, entendeu-se que o mesmo se refere ao conteúdo da última lagoa e não, necessariamente, efluente do sistema de tratamento em questão, o que não possibilitou avaliar a eficiência de remoção do sistema como um todo. Assim, os resultados obtidos no ponto P4, foram tratados como o conteúdo da última lagoa da ETE, ou seja, da lagoa de maturação secundária.

Tabela 1: Coletas de amostras na ETE do município de Riacho da Cruz, RN

Locais de coleta		Determinações		Datas de coletas
Ponto	Denominação	Laboratoriais	In loco	
P1	Entrada do tratamento preliminar	Coliformes totais (CT) <i>Escherichia coli</i> (<i>E. coli</i>) Ovos de helmintos	Temperatura da água pH	03/08/2016 15/08/2016 31/08/2016 12/09/2016 26/09/2016
P2	Saída do tratamento preliminar e/ou entrada da lagoa facultativa			
P3	Final da lagoa facultativa	CT <i>E. coli</i>		
P4	Final da lagoa de maturação secundária	CT <i>E. coli</i> Ovos de helmintos		
Leitura pontual próximo à unidade de tratamento preliminar		--	Temperatura do ar	

Na Tabela 2, apresentam-se os métodos analíticos e principais equipamentos utilizados.

Foi realizada a estatística descritiva para os dados de Coliformes Totais (CT), *E. coli* e ovos de helmintos, sendo obtidos valores de tendência central e valores de dispersão, empregando-se o Microsoft Office Excel® 2013. Os dados foram, ainda, submetidos à análise de variância pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa computacional SISVAR 5.6. (Sistemas para Análises de Variância) desenvolvido por Ferreira (2011).

Tabela 2: Determinações laboratoriais com respectivos métodos analíticos e principais equipamentos utilizados

Parâmetros	Unidade	Métodos analíticos ¹	Principais equipamentos utilizados
Coliformes totais (CT) <i>Escherichia coli</i> (<i>E. coli</i>)	NMP.100 mL ⁻¹	Tecnologia do substrato definido	Autoclave digital, marca Digitale, modelo AV 50; Seladora eletrônica de cartela, marca IDEXX, modelo WQTS 2x; Estufa bacteriológica, marca Fanem, modelo 502; Lanterna UV, marca Boiton, modelo GAB01.
Ovos de helmintos	Ovos.L ⁻¹	Método de <i>Bailenger</i> modificado ²	Microscópio eletrônico, marca Opton, modelo L2800; Agitador de tubos, marca Phoenix, modelo AP-59; capela de exaustão de gases, marca Sppencer, modelo SP150N, Centrífuga de bancada, marca Fanem, modelo 206BL Excelsia II.

Notas: ¹Segundo Clesceri, Greenberg e Eaton (1999), exceto para Ovos de helmintos. ²Ayres e Mara (1996).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Um resumo das concentrações observadas de CT e *E. coli* é apresentado nas Tabelas 3 e 4 e nos gráficos Box plot (Figuras 4 e 5). Considerando os valores médios, a concentração de CT, ao longo dos pontos monitorados na ETE de Riacho da Cruz decaiu de $1,69 \times 10^8$ para $7,67 \times 10^5$ NMP.100mL⁻¹ e, para *E. coli*, de $3,11 \times 10^7$ para $2,39 \times 10^2$ NMP.100mL⁻¹.

Para o esgoto bruto, os resultados verificados estão de acordo com a faixa mencionada (10^6 a 10^{10} /100 mL) por Von Sperling (2005). No ponto de coleta após o tratamento preliminar, ou seja, entrada da lagoa facultativa (P2), as concentrações verificadas de CT variaram de $2,6 \times 10^7$ a $2,6 \times 10^8$ NMP.100mL⁻¹, valores muito próximos ao esgoto bruto, o que é de se esperar pois o tratamento preliminar, de acordo com Von Sperling (2005) tem por objetivo, remover sólidos grosseiros, areia, materiais flutuantes e carreados. No final da lagoa de estabilização facultativa (P3), as concentrações de CT observadas, variaram de $4,1 \times 10^6$ a $1,6 \times 10^8$ NMP.100mL⁻¹, sendo que, dentre as cinco amostragens, em quatro delas, a concentração não ultrapassou $6,5 \times 10^7$ NMP.100mL⁻¹ mas, na amostragem de 26/09/2016, a concentração ($1,6 \times 10^8$ NMP.100mL⁻¹) excedeu as anteriores verificadas. No final da lagoa de maturação secundária (P4), foram observadas concentrações de CT de $1,2 \times 10^5$ a $4,9 \times 10^6$ NMP.100mL⁻¹ em duas medições que permitiram a quantificação. Para este ponto (final da lagoa de maturação secundária), não foi possível quantificar a concentração de CT em três amostragens (15/08, 31/08 e 12/09/16), podendo-se inferir apenas que as concentrações foram: maior que $2,4 \times 10^5$ NMP.100mL⁻¹ em 15/08 e maior que $2,4 \times 10^6$ NMP.100mL⁻¹, em 31/08 e em 12/09/16.

Vale salientar, como já mencionado, que no período em que as coletas foram realizadas não houve saída de efluentes tratados na ETE monitorada.

As concentrações de *E. coli* observadas para o esgoto bruto, foram de $1,4 \times 10^7$ a $8,7 \times 10^7$ NMP.100mL⁻¹, estando na faixa (10^6 a 10^9 /100 mL) mencionada por Von Sperling (2005). A variação da concentração de *E. coli* do esgoto bruto foi bastante próxima daquela observada para a entrada da lagoa facultativa ($1,9 \times 10^7$ a $9,5 \times 10^7$ NMP.100mL⁻¹). No final da lagoa de facultativa, as concentrações de *E. coli* variaram de $7,2 \times 10^5$ a $1,8 \times 10^6$ NMP.100mL⁻¹, enquanto no final da lagoa de maturação secundária, a concentração foi da ordem de 10^2 NMP.100mL⁻¹ ($2,2$ a $2,6 \times 10^2$ NMP.100mL⁻¹) para as duas únicas medidas com possibilidade de quantificação. Em três amostragens (03/08, 31/08 e 12/09/16), só foi possível inferir que a concentração de *E. coli* das amostras relativas ao final da lagoa de maturação secundária, era menor que 10^3 NMP.100mL⁻¹.

As Figuras 4 e 5 apresentam, respectivamente, a estatística descritiva para os resultados verificados de coliformes totais e de *E. coli*.

Tabela 3: Resultados da estatística descritiva para coliformes totais de amostras da ETE tipo lagoas de estabilização do município de Riacho da Cruz, Rio Grande do Norte

Coliformes Totais (NMP.100mL⁻¹)				
Datas	P1	P2	P3	P4
03/08/2016	4,1E+08	2,2E+08	4,1E+06	1,2E+05
15/08/2016	4,0E+08	2,6E+08	1,4E+07	-
31/08/2016	7,1E+07	7,3E+07	6,5E+07	-
12/09/2016	9,0E+07	1,2E+08	2,4E+07	-
26/09/2016	1,3E+08	2,6E+07	1,6E+08	4,9E+06
Número de dados	5	5	5	2
Mínimo	7,1E+07	2,6E+07	4,1E+06	1,2E+05
Máximo	4,1E+08	2,6E+08	1,6E+08	4,9E+06
Média geométrica	1,7E+08	1,1E+08	2,7E+07	7,7E+05
Desvio padrão	1,7E+08	9,96E+07	6,4E+07	3,4E+06
Coefficiente de variação	1,0	0,94	2,35	4,41
Log₁₀ CT*	8,23	8,02	7,43	5,88
Eficiência de remoção de CT (%)				
	P1	P2	P3	P4
Relativa		37,28	74,34	97,18
Total				99,54
Eficiência de remoção de CT (unid. log)				
	P1	P2	P3	P4
Relativa		0,21	0,60	1,55
Total				2,35

*Os dados normalizados (log do nível populacional) foram submetidos ao teste Tukey à 5%. Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem no teste Tukey ao nível de 5% de significância.

Ainda, em relação à apresentação dos resultados, no intuito de evitar a superavaliação da remoção dos coliformes totais e *E. coli*, por porcentagens tais como, 90 e 99%, neste trabalho, também, foi determinado a remoção através de unidades logarítmicas.

A concentração média observada de *E. coli* no final da lagoa facultativa ($1,1 \times 10^6$ NMP.100mL⁻¹) foi superior ao previsto ($6,97 \times 10^5$ NMP.100mL⁻¹ para coliformes fecais) na memória descritiva do projeto da ETE mas, dentro da faixa esperada (10^6 a 10^7 NMP.100 mL⁻¹, para coliformes termotolerantes) para efluente de lagoa facultativa, segundo Von Sperling (2005). Quanto ao efluente da lagoa de maturação secundária, a concentração estimada no projeto da mesma para coliformes fecais foi de $2,7 \times 10^3$ CF. 100 mL⁻¹.

Em relação às eficiências médias observadas, cabe mencionar que não foi possível avaliar a eficiência de remoção do sistema como um todo, pois, durante o monitoramento, o nível da água da lagoa de maturação secundária esteve abaixo da tubulação de saída da mesma. Disso, depreendeu-se que as amostragens feitas nesta última lagoa, se referiram ao conteúdo desta lagoa e não, necessariamente, do efluente do sistema de tratamento em questão.

Tabela 4: Resultados da estatística descritiva para *E. coli* de amostras da ETE tipo lagoas de estabilização do município de Riacho da Cruz, Rio Grande do Norte

<i>E. coli</i> (NMP.100mL ⁻¹)				
Datas	P1	P2	P3	P4
03/08/2016	2,7E+07	4,0E+07	7,2E+05	-
15/08/2016	8,7E+07	9,5E+07	1,0E+06	2,6E+02
31/08/2016	1,4E+07	2,3E+07	1,8E+06	-
12/09/2016	2,7E+07	5,4E+07	1,6E+06	-
26/09/2016	3,3E+07	1,9E+07	7,8E+05	2,2E+02
Número de dados	5	5	5	2
Mínimo	1,4E+07	1,9E+07	7,2E+05	2,2E+02
Máximo	8,7E+07	9,5E+07	1,8E+06	2,6E+02
Média geométrica	3,1E+07	3,9E+07	1,1E+06	2,4E+02
Desvio padrão	2,8E+07	3,1E+07	5,1E+05	2,8E+01
Coefficiente de variação	0,91	0,78	0,46	0,12
Log₁₀ <i>E. coli</i>*	7,49	7,59	6,05	2,38
Eficiência de remoção de <i>E. coli</i> (%)				
	P1	P2	P3	P4
Relativa		-26,05	97,17	99,98
Total				99,99
Eficiência de remoção de <i>E. coli</i> (unid. log)				
	P1	P2	P3	P4
Relativa		-0,1	1,56	3,67
Total				5,11

*Os dados normalizados (log do nível populacional) foram submetidos ao teste Tukey à 5%. Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem no teste Tukey ao nível de 5% de significância.

Segundo Nuvolari e Costa (2010), o tratamento preliminar apresenta uma remoção de coliformes entre 30 a 40%. No presente estudo, a eficiência média de remoção de CT no tratamento preliminar foi de 37,28%, conforme mostra a Tabela 3. Em unidade log, essa eficiência resultou 0,21. Para a lagoa facultativa, os valores médios de remoção de CT foram de 74,34% e 0,60 unidade log, considerada por Von Sperling et al. (2003) inferior a observada para lagoas facultativas que é de 1 a 2 unidades log.

Após a série de lagoas, observou-se uma melhora na qualidade microbiológica do efluente, no qual foi observada uma redução de 99,54% no nível populacional de coliformes totais, o equivalente a remoção de 2,35 unidades logarítmicas.

Quanto à eficiência média de remoção de *E. coli*, verificou-se que ao final do tratamento preliminar houve um aumento na concentração de *E. coli* em relação ao ponto de entrada desta etapa, o que resultou numa eficiência média de remoção negativa, em %. Tais resultados negativos talvez tenham decorrido da ressuspensão, no momento da coleta, de material sedimentado no canal a jusante da caixa de areia. Como o nível do efluente a jusante da caixa de areia era inferior a altura do frasco de coleta (em torno de 25 cm), por ocasião das coletas neste ponto, era necessário acomodar e inclinar o frasco no canal, implicando em encostar o mesmo no fundo do canal, o que, visualmente, causava ressuspensão de material sedimentado. Mas, cabe ressaltar que ao final das lagoas observou-se remoção de 99,99% no nível populacional de *E. coli*, o equivalente a 5,11 unidades logarítmicas.

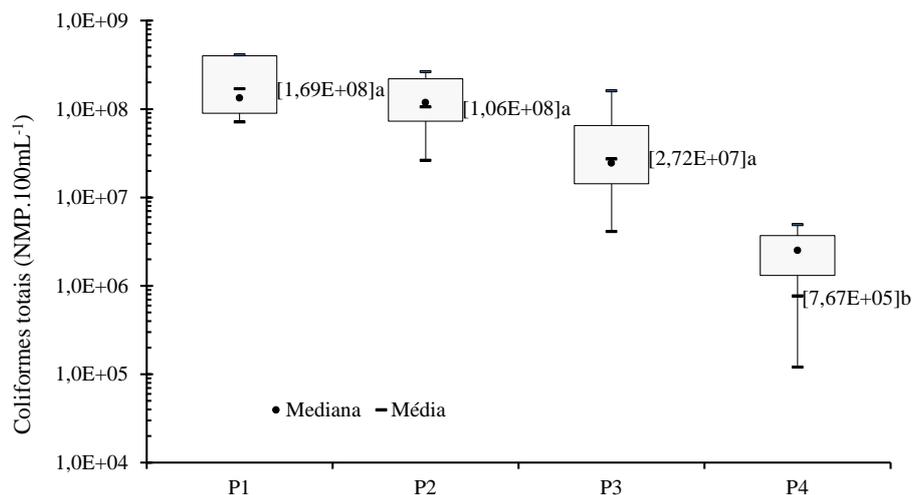


Figura 4: Estatística descritiva para os resultados de coliformes totais observados nos pontos monitorados na ETE Riacho da Cruz.

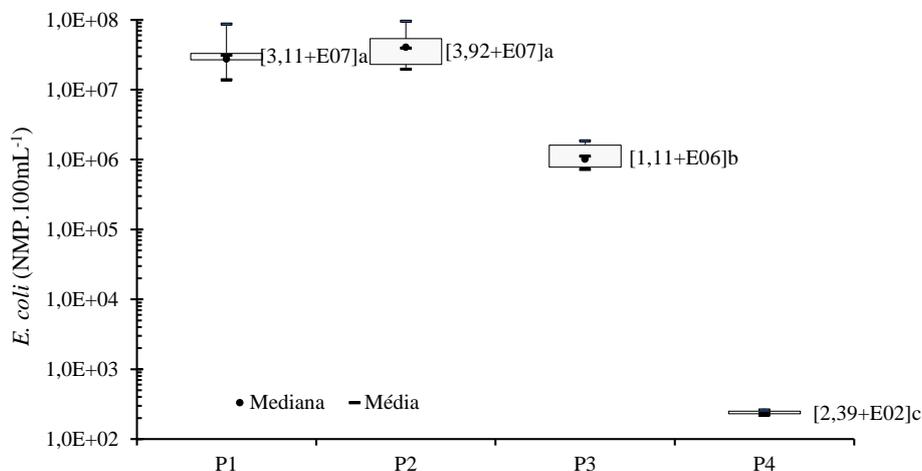


Figura 5: Estatística descritiva para os resultados de *E. coli* observados nos pontos monitorados na ETE Riacho da Cruz.

Segundo a análise de variância (ANOVA) não houve diferença, considerada estatisticamente significativa a 5%, em relação ao Ponto 1 e Ponto 2 para o nível populacional de coliformes totais e *E. coli*, confirmando o relatado por diversos autores, que o tratamento preliminar não remove satisfatoriamente níveis populacionais bacteriológicos.

Para o nível populacional de coliformes totais a remoção só foi considerada significativa, considerando a ANOVA a 5%, no Ponto 4, o qual refere-se ao final da lagoa de maturação secundária, com uma remoção de 97,18% e 1,55 unidades logarítmicas.

Já em relação ao nível populacional de *E. coli*, a partir do Ponto 3, a remoção deste indicador já foi considerada estatisticamente significativa, segundo ANOVA a 5%, sendo observado a remoção de 1,56 unidades logarítmicas. Um acréscimo na remoção de *E. coli* foi atribuído à lagoa de maturação secundária, pois verificou-se diferença considerada estatisticamente significativa ($p < 0,05$) em comparação ao nível populacional obtido no ponto, observando-se uma remoção percentual de 99,98%, o equivalente a 3,67

unidades logarítmicas. A série de lagoas possibilitou a remoção de 99,99% no nível populacional de *E. coli*, totalizando 5,11 unidades logarítmicas removidas.

Os resultados de ovos de helmintos para a ETE de Riacho da Cruz são exibidos na Tabela 5.

Tabela 5: Concentrações de ovos de helmintos observadas em amostras da ETE tipo lagoas de estabilização, do município de Riacho da Cruz, Rio Grande do Norte

Estatística descritiva	Ovos de helmintos (Ovo.L ⁻¹)		
	P1: esgoto bruto	P2: entrada da lagoa 1	P4: final da lagoa 3
Número de dados*	5	5	5
Média Aritmética	100	550	0
Máximo	300	2500	0
Mínimo	0	0	0
Desvio padrão	117	1064	0
Coefficiente de variação	1,1	1,9	0

Nota: *Número de amostras consideradas na execução dos cálculos.

O número médio de ovos de helmintos por litro presente no esgoto bruto, segundo Von Sperling (2005) varia entre 10^0 e $10^3/1L$, estando o valor médio encontrado (100 Ovos.L⁻¹) dentro da faixa mencionada. Acredita-se que o valor relativamente alto observado na entrada da lagoa facultativa, na primeira amostragem, tenha resultado da ressuspensão, no momento da coleta, de material sedimentado no canal a jusante da caixa de areia.

As variações encontradas quanto às concentrações de ovos de helmintos podem ter decorrido da maneira como as amostras foram coletadas, pois, de acordo com Ferreira, Andreoli e Prevedello (2002) a distribuição desses ovos é muito heterogênea ao longo do perfil. E, no presente trabalho, as amostras foram do tipo simples. Neste trabalho, todos os ovos encontrados foram da espécie *Hymenolepis diminuta*, que conforme Rey (1991 apud ZEBINI; CHERNICHARO, 2001) possui de 70 a 80 μm de diâmetro, com forma aproximadamente esférica e composta por duas cascas, não contendo filamentos entre elas e com três pares de acúleos, e envolvida por duas membranas. Esses ovos são parasitas comuns de ratos e dificilmente de homem (NEVES, 2005), desta forma, é possível que ratos estejam presentes na tubulação de esgoto.

No final da lagoa de maturação secundária, as cinco amostragens apresentaram concentrações inferiores a 1 ovo.L⁻¹, o que era esperado para lagoas de estabilização, já que as lagoas de maturação visam à remoção de organismos patogênicos.

No contexto de reúso agrícola de esgoto tratado, com base nos resultados obtidos com a presente pesquisa, destacam-se algumas considerações sobre a qualidade microbiológica e biológica do conteúdo da lagoa de maturação secundária, tais como: as amostragens foram superficiais, não sendo possível afirmar que a qualidade observada se aplica para outros pontos e extratos da massa líquida desta lagoa; observou-se concentração média de *E. coli* de $2,39 \times 10^2.100mL^{-1}$, que baseado nas diretrizes do PROSAB (CHERNICHARO et al., 2006) e da OMS (WHO, 2006), tal valor se enquadra para o uso agrícola irrestrito; para Ovos de helmintos, observou-se um valor médio menor que 1 ovo/L, atendendo as diretrizes do PROSAB e OMS para uso agrícola irrestrito.

CONCLUSÃO

Com relação à eficiência média de remoção de *E. coli* pela lagoa facultativa, foi possível observar um desempenho, em termos percentuais e em unidade log, dentro da faixa mencionada pela literatura. Considerando as características hidráulicas da lagoa de maturação secundária observadas durante o monitoramento (sem escoamento contínuo através da mesma) e as características do monitoramento executado (amostra do tipo simples e superficial, período de execução da pesquisa e o número de quantificações), a concentração média de *E. coli* observada no final da lagoa de maturação secundária foi inferior a 10^3 NMP.100mL⁻¹ e não quantificou-se nenhum ovo nesta lagoa, sendo tais concentrações típicas de lagoas de maturação que tem como objetivo a remoção de organismos patogênicos. Nessa perspectiva, num contexto de reúso agrícola, tais concentrações atendem à diretriz da OMS e do PROSAB para irrigação irrestrita.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AYRES, R.; MARA, D. *Analysis of wastewater for use in agriculture: a laboratory manual of parasitological and bacteriological techniques*. WHO, Geneva. 1996.
2. BRASIL. *Lei Federal nº 11.445*, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm>. Acesso em: 10 set. 2016.
3. CHERNICHARO, C. A. de L.; FLORENCIO, L.; BASTOS, R. K. X.; PIVELI, R. P.; VON SPERLING, M.; MONTEGGIA, L. O. Tratamento de esgotos e produção de efluentes adequados a diversas modalidades de reúso da água. In: FLORENCIO, L.; BASTOS, R. K. X.; AISSE, M. M. (coordenadores). *Tratamento e utilização de esgotos sanitários*. Rio de Janeiro: ABES, 2006. cap. 3, p. 63-110.
4. CLESCERI, L. S. GREENBERG, A. E.; EATON, A. D. (Eds.) *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 20 ed. Washington (DC): APHA, AWWA, WEF, 1999.
5. COSTA, R. H. P. G. Esgoto. In: TELLES, D. D'A.; COSTA, R. H. P. G. (Coordenadores). *Reúso da água: conceitos, teorias e práticas*. 2. ed. rev. atual. e amp. São Paulo: Blucher, 2010. cap. 5, p. 41-50.
6. FERREIRA, A.C; ANDREOLI, C.V; PREVEDELLO, B. M. S. Viabilidade de ovos de helmintos em lodo de esgoto tratado termicamente em leitos de secagem. *Revista Técnica da SANEPAR-Sanare*, Paraná. v17, 2002.
7. FERREIRA, D. F. *Sistema de análise de variância - SISVAR*. Ver. 4.3. Lavras: UFLA - Departamento de Ciências Exatas, 1999.
8. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Cidades @. Código ou cidade. *Riacho da Cruz*. Disponível em: <<http://cod.ibge.gov.br/IKT>>. Acesso em: 08 out. 2016.
9. INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E DESENVOLVIMENTO (IDEMA). *Perfil do seu município (2008): Riacho da Cruz*. Disponível em: <<http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/idema/DOC/DOC00000000013897.PDF>>. Acesso em: 18 out. 2016.
10. MINISTÉRIO DAS CIDADES (MCIDADES). Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (SNSA). *Sistema nacional de informações sobre saneamento: série histórica. Municípios. Informações e indicadores municipais consolidados. Filtros. Municípios com informações de água e esgoto. Ano de referência: 2014. Região Nordeste. Estado Rio Grande do Norte. Município Riacho da Cruz/RN. Família de indicações e indicadores: AE-Informações de esgotos, AE-Informações de qualidade e RS-Informações sobre coleta domiciliar e pública*. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2016. Disponível em: <<http://app.cidades.gov.br/serieHistorica/#>>. Acesso em: 27 jul. 2016.
11. NEVES D. P. *Hymenolepis nana*. In: NEVES, D. P.; MELO, A. L. de; LINARDI P. M.; VITOR, R. W. A. *Parasitologia humana*. 11 ed. São Paulo: Atheneu, 2005. cap. 27, p. 247 – 250.
12. NUVOLARI, A.; COSTA, R. H. P. G. Tratamento de efluentes. In: TELLES, D. D'A.; COSTA, R. H. P. G. (Coordenadores). *Reúso da água: conceitos, teorias e práticas*. 2. ed. rev. atual. e amp. São Paulo: Blucher, 2010. cap. 6, p. 51-151.
13. PAIVA, D. S. *Parâmetros físico-químicos do esgoto sanitário do município de Riacho da Cruz, RN, tratado em um sistema de lagoas de estabilização e avaliação do potencial de reúso*. 74 f. 2016. Monografia (Graduação em Bacharelado em Ciência e Tecnologia). Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2016.
14. VON SPERLING, M. *Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – Universidade Federal de Minas Gerais, 2005. v.1.
15. VON SPERLING, M.; JORDÃO, E. P.; KATO, M. T.; ALEM SOBRINHO, P.; BASTOS, R. K. X.; PIVELLI, R. Lagoas de estabilização. In: GONÇALVES, R. F. (coordenador). *Desinfecção de efluentes sanitários*. Rio de Janeiro: ABES, 2003. cap. 7, p. 277-336.
16. WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). *Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. Policy and regulatory aspects*. Geneva: WHO, 2006. v. 1.
17. ZERBINI, A. M.; CHERNICHARO, C. A. de L. Metodologias para quantificação, identificação e análise de viabilidade de ovos de helmintos em esgotos brutos e tratados. In: CHERNICHARO, C. A. de L. (coordenador). *Pós tratamento de efluentes de reatores anaeróbios: aspectos metodológicos*. Belo Horizonte: [s.n.]. 2001, p. 70-107.