

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTOS EM MUNICÍPIOS DO RIO GRANDE DO NORTE

Jean Leite Tavares¹ e Karina Faustino de Carvalho Tetéo²
E-mail: jean.tavares.ifrn.edu.br¹; karinafct@hotmail.com²

RESUMO

Este artigo apresenta os resultados obtidos na avaliação da eficiência das ETE de cinco municípios do Rio Grande do Norte, sendo eles: São Gonçalo do Amarante, Tibau do Sul, Pedro Velho, Ponta Negra e Pendências. A avaliação dar-se-á sob a análise da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), através de análises laboratoriais

realizadas em amostras coletadas no período de novembro de 2012 e janeiro de 2013. Os valores mostram que algumas ETE não apresentam eficiência correspondente a legislação vigente e alguns valores de DBO apresentam valores fora da resolução CONAMA 357/2005.,

PALAVRAS-CHAVE: Esgoto, lagoas de estabilização, lagoa de maturação, lagoa facultativa, eficiência.

EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF SEWAGE TREATMENT PLANTS IN THE CITIES OF RIO GRANDE DO NORTE

ABSTRACT

This article presents the results of the assessment of the efficiency of Sewage treatment plants five municipalities of Rio Grande do Norte, namely: São Gonçalo do Amarante, Tibau do Sul, Pedro Velho, Ponta Negra and Pendências. The evaluation will take under the analysis of Biochemical Oxygen Demand (BOD) through

laboratory analyzes performed on samples collected between November 2012 and January 2013. The results show that some plants do not have efficiency corresponding to current legislation and some BOD values have values outside the CONAMA Resolution 357/2005.

KEYWORDS: Sewage, stabilization ponds, pond of maturation, optional pond, efficiency.

1 INTRODUÇÃO

Esgoto é o termo usado para caracterizar os despejos provenientes dos diversos usos da água, como o doméstico, comercial, industrial, agrícola, em estabelecimentos públicos e outros (BRAGA *et. al.*, 2005). Os esgotos de uma cidade destinados à estação de tratamento são basicamente originados de três fontes: esgotos domésticos, águas de infiltração e despejos industriais. O esgoto doméstico tem uma parcela mais significativa dentre os demais, sendo oriundo, principalmente dos domicílios e de edificações públicas e comerciais. De acordo com Sperling (2005) “a vazão doméstica de esgotos é calculada com base no consumo de água da respectiva localidade”, que por sua vez, “é usualmente calculada em função da população de projeto e de um valor atribuído para o consumo médio diário de água por cada habitante”. Já os despejos industriais são esgotos resultantes de processos industriais e, de acordo com Sperling (2005) “apresentam uma ampla variabilidade das suas características qualitativas”, ou seja, os resíduos despejados possuem características específicas, que dependem do tipo de indústria. Quanto a sua composição, os esgotos são compostos por um grande número de substâncias, por isso sua caracterização necessita de determinações físicas, químicas e biológicas, que permitam conhecer seu grau de poluição. Além disso, também possuem organismos vivos como, bactérias, vírus, protozoários e vermes.

É importante ressaltar que a quantidade de esgotos produzidos diariamente em uma cidade pode variar bastante, pois depende de fatores como: hábitos e condições socioeconômicas da população, do clima, do custo de medição da água, da qualidade das instalações hidráulicas e conservação de aparelhos sanitários, entre outros. Braga *et. al.* (2005) destaca que “além das variações quantitativas, as características dos esgotos sanitários variam qualitativamente em função da composição da água de abastecimento e dos diversos usos dessa água”.

A partir desses fatores observa-se a necessidade de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) funcione de maneira correta, para que o esgoto não acarrete problemas ambientais e sociais, visto que, a matéria orgânica presente no esgoto pode ocasionar a redução de oxigênio dissolvido, causando a morte de peixes e outros organismos aquáticos, escurecimento da água e aparecimento de maus odores (Braga & Hespanhol, 2005). Assim, a eficiência do tratamento representa a percentagem removida de um determinado atributo do esgoto.

Dentro desse contexto, as “lagoas de estabilização” é um dos processos de tratamento de esgoto mais utilizado no mundo, devido a sua elevada simplicidade operacional, o baixo grau de mecanização e o baixo custo. De acordo com Mara (2004) *apud* Andrada (2005) as “lagoas de estabilização são grandes bacias rasas com diques de terra as quais o esgoto bruto é tratado por processos completamente naturais que envolvem algas e bactérias”. Um dos principais fatores que limitam o seu uso é a produção de efluentes com elevados teores de sólidos em suspensão (SS), as algas, podendo provocar consequências indesejáveis ao corpo receptor, como o aumento da demanda de oxigênio, surgimento de cor, sabor e odor na água (ANDRADA, 2005).

As lagoas de estabilização são classificadas em: anaeróbia, facultativa e lagoas de maturação. Para esta pesquisa, foram analisadas amostras de esgotos no estado bruto e coletadas nas lagoas facultativas e de maturação (1 e 2).

As lagoas facultativas são denominadas de *lagoas primárias*, pois recebem o esgoto bruto. Seu processo é o mais simples, por depender de fenômenos puramente naturais, não necessitando de nenhum equipamento. O percurso do esgoto afluente dentro desta lagoa demora vários dias e é marcado por uma série de eventos que contribui para a purificação dos esgotos. De acordo com Nuvolari (2003), as bactérias aeróbias irão degradar a matéria orgânica solúvel, presente no esgoto consumindo o oxigênio livre disponível na água e resultando como subprodutos: água, gás carbônico e nutrientes. Por sua vez, as algas consumirão os nutrientes e o gás carbônico e utilizarão a luz solar como fonte de energia para realizar a fotossíntese e irão liberar como subproduto o oxigênio (necessário às bactérias).

Já as lagoas de maturação possuem como principal objetivo a remoção de organismos patogênicos. Comparando com outros métodos convencionais, este tipo de lagoa, constitui uma opção de desinfecção bastante econômica e eficiente. Além de possibilitarem um polimento considerado adequado a quaisquer efluentes de lagoas de estabilização e até mesmo de outros sistemas de tratamento de esgotos.

Sendo assim, o presente artigo tem como objetivo avaliar a eficiência do tratamento do efluente da Estação de Tratamento de cinco municípios do Rio Grande do Norte, através da análise de parâmetros como Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Oxigênio Dissolvido (OD).

2 METODOLOGIA

As análises laboratoriais foram realizadas em amostras coletadas no período de novembro de 2012 e janeiro de 2013 em estações de cinco municípios do Rio Grande do Norte que tratam seus esgotos através de lagoas de estabilização, entre elas: a ETE de Pipa, no município de Tibau do Sul, a ETE de Ponta Negra, no município de Natal e as ETE's de São Gonçalo do Amarante, Pendências e Pedro Velho. Todas as ETE's analisadas são compostas por tratamento preliminar (gradeamento e caixa de areia), lagoa facultativa primária seguida de duas lagoas de maturação (FUNASA, 2011). A tabela 1 possui um resumo das características físicas das cinco lagoas de estabilização analisadas.

Tabela 1: Resumo das características físicas dos sistemas de lagoas analisados.

ETE - SÃO GONÇALO				ETE - PEDRO VELHO			
	LFP	LM1	LM2		LFP	LM1	LM2
Comprimento (m)	72,0	33,0	33,0	Comprimento (m)	52,0	26,0	26,0
Largura (m)	42,0	42,0	42,0	Largura (m)	26,0	10,0	10,0
Profundidade (m)	2,0	1,9	1,9	Profundidade (m)	2,0	1,5	1,5
Área (m ²)	3024,0	1386,0	1386,0	Área (m ²)	1352,0	260,0	260,0
Volume (m ³)	6048,0	2633,4	2633,4	Volume (m ³)	2704,0	390,0	390,0
TDH (d)	23,3	10,1	10,1	TDH (d)	10,7	1,5	1,5
Relação C/L	1,7	0,8	0,8	Relação C/L	2,0	2,6	2,6
ETE - PIPA				ETE - PONTA NEGRA			
	LFP	LM1	LM2		LFP	LM1	LM2
Comprimento (m)	115,0	56,0	56,0	Comprimento (m)	445,0	196,0	234,0
Largura (m)	40,0	16,0	16,0	Largura (m)	118,0	143,0	122,0
Profundidade (m)	2,0	1,5	1,5	Profundidade (m)	2,0	1,5	1,5
Área (m ²)	4600,0	896,0	896,0	Área (m ²)	52510,0	28028,0	28548,0
Volume (m ³)	9200,0	1344,0	1344,0	Volume (m ³)	105020,0	42042,0	42822,0
TDH (d)	14,2	2,1	2,1	TDH (d)	13,8	5,5	5,6
Relação C/L	2,9	3,5	3,5	Relação C/L	3,8	1,4	1,9
ETE - PENDÊNCIAS							
	LFP	LM1	LM2				
Comprimento (m)	240,0	120,0	120,0				
Largura (m)	82,0	41,0	41,0				
Profundidade (m)	1,5	1,5	1,5				
Área (m ²)	19.680,0	4.920,0	4.920,0				
Volume (m ³)	29.520,0	7.380,0	7.380,0				
TDH (d)	15	5,0	5,0				
Relação C/L							

Fonte: Dados das ETE's de São Gonçalo, Pedro Velho, Pipa e Ponta Negra – Araújo (2011) e, Dados da ETE de Pendências – CAERN.

Para avaliar a eficiência das estações supracitadas foram realizadas análises laboratoriais para os parâmetros de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Oxigênio dissolvido (OD). Os métodos analíticos utilizados foram os frascos padrões, de acordo com APHA et. Al. (2005).

A Demanda Bioquímica de Oxigênio associa-se à fração biodegradável dos componentes orgânicos carbonáceos e define-se como uma medida do oxigênio consumido após 5 dias pelos microrganismos na oxidação bioquímica da matéria orgânica (VON SPERLING, 2005, p 86). Hammer (1979) define DBO como sendo “a quantidade de oxigênio utilizada por uma população mista de microrganismos durante a oxidação aeróbia da matéria orgânica contida em uma amostra de esgotos”. De maneira geral, pode-se dizer que quanto maior o grau de poluição orgânica maior será a DBO, esta por vez, vai reduzindo-se gradativamente durante o processo aeróbio até anular-se, quando então a matéria orgânica estará totalmente estabilizada. Na reação biológica que ocorre nesta análise, o esgoto fornece a matéria orgânica e a água de diluição

(composta por solução-tampão de fosfato, sulfato de magnésio, cloreto de cálcio e cloreto férrico) fornece o oxigênio dissolvido. De acordo com Hammer (1979)

“A reação primária é o metabolismo da matéria orgânica e a utilização do oxigênio dissolvido pelas bactérias, liberando dióxido de carbono e produzindo um substancial incremento da população bacteriana. A reação secundária resulta do oxigênio usado pela bactéria protozoária”. (HAMMER, 1979, p. 92)

A concentração de oxigênio dissolvido (OD) é um dos parâmetros mais importantes no contexto do controle da poluição de águas e efluentes, sendo fundamental para se verificar e manter as condições aeróbicas em um curso de água que receba material poluidor, pois ele é o elemento principal no metabolismo dos microrganismos aeróbios que habitam as águas naturais ou os reatores para tratamento biológico de esgotos.

3 RESULTADOS E DISCURSÕES

As tabelas 2 e 3 apresentam os valores médios, mínimos, máximos e desvios padrões de DBO total e DBO filtrada dos 05 sistemas monitorados durante o período de novembro de 2012 a janeiro de 2013.

Comparando os resultados obtidos no esgoto bruto durante o período de análise com a composição do esgoto apresentado por Araújo (2011) no monitoramento da ETE de Pedro Velho, constata-se que o sistema estudado encontra-se abaixo da faixa verificada pelo autor, de acordo com a tabela 2. A média verificada é de 514,80 mg/L para o esgoto bruto, 228,15 mg/L, para lagoa facultativa, 226,20mg/L e 213,33 mg/l, para lagoas de maturação 1 e 2, respectivamente.

Tabela 2: Dados de Demanda Bioquímica de Oxigênio obtidos pelas análises do projeto e por Araújo (2011), das variáveis da ETE de Pedro Velho.

	Dados verificados pelas análises				Dados verificados por Araújo (2011)			
	Média (mg/L)	Mín. (mg/L)	Máx (mg/L)	DP	Média (mg/L)	Mín. (mg/L)	Máx (mg/L)	DP
EB	514,80	339,30	807,30	204, 67	674	442	861	178
LF		146,25	286,65	59,73	235	110	419	89
LM 1		17,55	362,70	155,88	182	66	302	92
LM 2		35,10	315,90	145,53	178	43	351	96

Para a ETE de Pipa, em Tibau do Sul, os resultados obtidos para esgoto bruto, lagoa facultativa e maturação 1, encontram-se abaixo dos resultados verificados pro Araújo (2011) e Silva (2011), enquanto que para maturação 2, verifica-se que o resultado da análise adquire valor superior aos dados pelos dois autores, de acordo com a tabela 3.

Tabela 3: Dados de Demanda Bioquímica de Oxigênio obtidos pelas análises do projeto, por Araújo (2011) e por Silva (2011), das variáveis da ETE de Pedro Velho.

	Dados verificados pelas análises				Dados verificados por Araújo (2011)				Silva (2011)
	Média (mg/L)	Mín. (mg/L)	Máx (mg/L)	DP	Média (mg/L)	Mín. (mg/L)	Máx (mg/L)	DP	Média (mg/L)
EB	386,10	93,60	678,60	413,66	444	123	1159	265	488
LF	118,95	62,40	175,50	79,97	183	26	374	111	183
LM 1	60,45	58,50	62,40	2,76	169	63	328	72	169
LM 2	249,60	23,40	631,80	332,85	153	38	316	99	152

Comparando os dados obtidos da ETE de Ponta Negra com os resultados obtidos por Araújo (2011) e Silva (2011), verifica-se que a média do esgoto bruto é maior do que as apresentadas pelos dois autores. Já a média obtida para lagoa facultativa apresenta-se maior do que a apresentada por Araújo (2011), porém menor do que a apresentada por Silva (2011). Para lagoa de maturação 1, a média é menor do que as apresentadas pelos autores. O mesmo ocorre com a média da lagoa de maturação 2, de acordo com a tabela 4.

Tabela 4: Dados de Demanda Bioquímica de Oxigênio obtidos pelas análises do projeto, por Araújo (2011) e por Silva (2011), das variáveis da ETE de Ponta Negra.

	Dados verificados pelas análises				Dados verificados por Araújo (2011)				Silva (2011)
	Média (mg/L)	Mín. (mg/L)	Máx (mg/L)	DP	Média (mg/L)	Mín. (mg/L)	Máx (mg/L)	DP	Média (mg/L)
EB	352,56	257,40	468,00	86,77	294	123	468	104	327
LF	158,49	102,96	237,34	59,48	154	25	425	113	171
LM 1	142,45	117,00	163,80	22,17	143	12	364	98	143
LM 2	145,79	64,35	247,37	83,07	139	26	437	104	138

No sistema de São Gonçalo do Amarante, verifica-se uma média de esgoto bruto inferior as apresentadas por Araújo (2011) e Silva (2011). Já para a lagoa facultativa obteve-se resultados superiores às apresentadas pelos autores. Para lagoa de maturação 1, as médias obtidas com as análises, apresentam-se abaixo das médias apresentadas pelos autores, o oposto acontece com a lagoa de maturação 2, que possui médias mais elevadas, comparando-as com as demais, de acordo com a tabela 5.

Tabela 5: Dados de Demanda Bioquímica de Oxigênio obtidos pelas análises do projeto, por Araújo (2011) e por Silva (2011), das variáveis da ETE de Ponta Negra.

	Dados verificados pelas análises				Dados verificados por Araújo (2011)				Silva (2011)
	Média (mg/L)	Mín. (mg/L)	Máx (mg/L)	DP	Média (mg/L)	Mín. (mg/L)	Máx (mg/L)	DP	Média (mg/L)
EB	477,36	327,60	627,12	211,79	604	221	991	238	604
LF	189,54	140,40	238,68	69,49	185	55	398	94	185
LM 1	195,39	152,10	238,68	61,22	216	50	539	127	228
LM 2	221,72	111,15	332,28	156,36	162	24	374	93	161

Comparando os resultados obtidos com os apresentados por Andrade (2004), sobre o sistema de Pendências, verifica-se que a média obtida para lagoa facultativa é inferior as apresentadas pela autora. Já as médias referentes a lagoa de maturação 1 e 2 apresentaram valores superiores aos dados comparados.

A menor eficiência entre os sistemas analisados ocorreu na ETE de Pipa (Tibau do Sul), com apenas 35,35%, enquanto que a mais significativa foi a eficiência obtida na ETE de Pendências com 76,27% (Tabela 6).

Tabela 6: Eficiência dos sistemas em termos de remoção de Demanda Bioquímica de Oxigênio

	Pedro Velho	Ponta Negra	Pendências	São Gonçalo do Amarante	Pipa
Esgoto particulado	58,56 %	58,65 %	67,22 %	53,55 %	35,35 %
Esgoto Filtrado	59,04 %	65,99 %	76,27 %	50,44 %	89,44 %

Como reforço, para uma melhor análise do desempenho dos sistemas estudados, são apresentadas as Tabelas 7, com dados de oxigênio dissolvido nas diferentes fases do tratamento e 8, com dados da DBO filtrada.

Tabela 7: Variáveis dos cinco sistemas analisados e valores obtidos para DBO particulado.

		Pedro Velho		Ponta Negra		Pendências		São Gonçalo do Amarante		Pipa	
		DBO	OD	DBO	OD	DBO	OD	DBO	OD	DBO	OD
Esgoto bruto	Média	514,80		352,56		217,23		477,36		386,10	
	Mediana	456,30		342,42		193,05		477,36		386,10	
	Mínimo	339,30		257,40		145,08		327,60		93,60	
	Máximo	807,30		468,00		313,56		627,12		678,60	
	Desv. Padrão	204,67		86,77		86,80		211,79		413,66	
Lagoa Facultativa	Média	228,15	0,60	158,49	2,13	86,36	1,90	189,54	0,00	118,95	0,43
	Mediana	242,78	0,20	146,84	2,35	100,62	1,30	189,54	0,00	118,95	0,30
	Mínimo	146,25	0,00	102,96	0,00	51,48	0,20	140,40	0,00	62,40	0,00
	Máximo	286,65	2,00	237,34	3,80	106,97	4,20	238,68	0,00	175,50	1,00
	Desv. Padrão	59,73	0,95	59,48	1,59	30,37	2,07	69,49	0,00	79,97	0,51
Lagoa de Maturação 1	Média	226,20	0,30	142,45	2,85	87,55	5,33	195,39	0,60	60,45	0,03
	Mediana	219,38	0,00	144,50	2,60	95,94	2,80	195,39	0,60	60,45	0,00
	Mínimo	17,55	0,00	117,00	1,70	53,04	2,40	152,10	0,00	58,50	0,00
	Máximo	362,70	1,20	163,80	4,50	113,66	10,80	238,68	1,20	62,40	0,10
	Desv. Padrão	155,88	0,60	22,17	1,22	31,17	4,74	61,22	0,85	2,76	0,06
Lagoa de Maturação 2	Média	213,33	1,30	145,79	2,30	71,20	4,70	221,72	0,20	249,60	0,53
	Mediana	162,05	1,30	135,72	2,55	79,56	3,20	221,72	0,20	93,60	0,60
	Mínimo	35,10	0,00	64,35	0,00	30,42	2,50	111,15	0,00	23,40	0,40
	Máximo	315,90	2,60	247,37	4,10	103,63	8,40	332,28	0,40	631,80	0,60
	Desv. Padrão	145,53	1,21	83,07	1,81	37,31	3,22	156,36	0,28	332,85	0,12

Tabela 8: Valores obtidos no DBO filtrada

		DBO FILTRADA				
		Pedro Velho	Ponta Negra	Pendências	São Gonçalo do Amarante	Pipa
Esgoto bruto	Média	304,20	150,05	278,46	266,76	276,90
	Mediana	228,15	135,72	149,76	266,76	140,40
	Mínimo	23,40	112,32	135,72	243,36	11,70
	Máximo	456,30	216,45	549,90	290,16	678,60
	Desv. Padrão	213,40	45,78	235,18	33,09	353,78
Lagoa Facultativa	Média	168,09	58,22	70,87	103,84	47,97
	Mediana	137,48	59,50	54,60	103,84	47,97
	Mínimo	32,76	39,00	34,32	78,98	35,10
	Máximo	243,36	74,88	123,69	128,70	60,84
	Desv. Padrão	113,46	15,52	46,85	35,16	18,20
Lagoa de Maturação 1	Média	169,65	54,10	89,51	77,22	80,73
	Mediana	149,18	59,84	53,04	77,22	80,73
	Mínimo	56,16	24,96	24,96	70,20	56,16
	Máximo	271,44	71,76	190,54	84,24	105,30
	Desv. Padrão	92,12	20,44	88,61	9,93	34,75
Lagoa de Maturação 2	Média	124,61	51,03	66,08	132,21	29,25
	Mediana	127,24	53,04	42,12	132,21	29,25
	Mínimo	14,04	31,20	25,74	105,30	0,00
	Máximo	187,20	66,86	130,37	159,12	58,50
	Desv. Padrão	81,26	16,60	56,28	38,06	41,37

4 CONCLUSÃO

Apesar de observar que, no que se refere a eficiência por tipologia de configuração, há um melhor desempenho da configuração de lagoas em série, uma facultativa, seguida de duas de maturação, observa-se que a maioria das lagoas de estabilização estudadas apresentou eficiência inferior ao esperado. Os melhores resultados foram obtidos em análises com esgoto filtrado. A baixa eficiência das ETE pode está relacionada à má operação e manutenção, o que exige um controle operacional maior dos sistemas em questão.

No que se refere à característica do esgoto, dos cinco sistemas analisados, considerou-se nulo o OD para o esgoto bruto, as demais concentrações variaram entre 0,00 mg/L e 4,50 mg/L no sistema de Ponta Negra; 0,20 mg/L e 10,80 mg/L no sistema de Pendências; 0,00 mg/L e 1,00 no sistema de Pipa; 0,00 mg/L e 1,20 no sistema de São Gonçalo do Amarante e; 0,00 mg/L e 2,60 mg/L no sistema de Pedro Velho. Verifica-se que o sistema com maior faixa de variação nos efluentes é o de Ponta Negra que, também possui o valor mais elevado de oxigênio dissolvido.

5 BIBLIOGRAFIA

ARAÚJO, André Luis Calado. **Avaliação Operacional e da eficiência de lagoas de estabilização no Estado do RN**. Programa de Pesquisa em saúde e saneamento. Fundação Nacional de Saúde.. Natal, 2011.

APHA *et al.* **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 21th Washington DC: American Public Health Associations, 2005.

ANDRADA, Juliana Gonçalves Barroso de. **Utilização de filtros grosseiros para remoção de algas presentes em efluentes de lagoas de Polimento**. 2005. 115p. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2005.

ANDRADE, Elaine Gurgel Carvalho. **Sistema de esgotamento sanitário de Pendências-RN**. Projeto Técnico: PEC Construções LTDA. v II. Rio Grande do Norte, 2004

BRAGA, Benedito. *et. al.* **Introdução a Engenharia Ambiental**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

HAMMER, Mark J. **Sistema de abastecimento de água e esgotos**. Tradução de Sérgio A. S. Almeida. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1979.

NUVOLARI, ARIIVALDO (Coordenador). **Esgoto Sanitário: coleta, transporte, tratamento e reúso agrícola**. FATEC-SP, CEETEPS, FAT. Ed. Edigard Blucher Ltda. São Paulo, 2003.

SPERLING, Marcos Von. **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.