

## II-325 - REMOÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA EM NOVE SISTEMAS DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO NO NORDESTE BRASILEIRO

**Odênia Alves de Lima e Silva<sup>(1)</sup>**

Tecnóloga em Gestão Ambiental pelo Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN). Mestre em Engenharia Sanitária pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).

**Dayana Melo Torres<sup>(2)</sup>**

Bióloga, Tecnóloga em Gestão Ambiental, Mestre em Engenharia Sanitária, Doutoranda em Engenharia Ambiental (UEPB). Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas.

**Luênia Kaline Tavares<sup>(3)</sup>**

Tecnóloga em Gestão Ambiental pelo Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN).

**André Luiz Calado Araújo<sup>(4)</sup>**

Engenheiro Civil pela Universidade do Pará, Mestre em Engenharia Sanitária pela Universidade Federal de Campina Grande e Doutor em Engenharia Civil pela University of Leeds.

**Cícero Onofre de Andrade Neto<sup>(5)</sup>**

Engenheiro Civil pela Universidade do Rio Grande do Norte (UFRN), Mestre em Engenharia Civil e Doutor em Recursos Naturais pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. Sen. Salgado Filho, 3000 - Lagoa Nova Natal - RN, 59078-970 - Tel: (84) 8812-1531 - e-mail: odenia\_alves@yahoo.com.br

### RESUMO

Lagoa de estabilização é a principal tecnologia utilizada para tratamento de esgotos domésticos no Nordeste brasileiro, devido ao menor custo de implantação, operação e manutenção, quando comparada com outras tecnologias. A maioria dos sistemas de lagoas de estabilização está em operação há bastante tempo, em média 10 anos de operação, não são operadas adequadamente e recebem altas cargas orgânicas, não apresentando boas eficiências de remoção dos principais parâmetros a qual foram projetadas. Portanto, faz-se necessário um trabalho que quantifique a eficiência atual desses sistemas. O presente estudo avaliou a remoção da matéria orgânica nos reatores desses sistemas baseadas nas análises feitas em laboratório, em nove sistemas de lagoas de estabilização em escala real no Rio Grande do Norte. O monitoramento mostrou que as eficiências de remoção de matéria orgânica, na maioria dos sistemas, estavam abaixo do sugerido pela literatura, sendo as melhores eficiências da ordem de 76% (DBO) e de 72% (DQO) e as piores da ordem de 48% (DBO) e 55% (DQO).

**PALAVRAS-CHAVE:** Esgotos Domésticos, Lagoas de Estabilização, Remoção da Matéria Orgânica.

### INTRODUÇÃO

Para o tratamento de águas residuárias domésticas, diversas alternativas podem ser adotadas utilizando processos físicos, químicos e biológicos. Dentre as alternativas, as lagoas de estabilização são a principal tecnologia utilizada para tratamento de esgoto doméstico devido ao menor custo de implantação, operação e manutenção, quando comparada com outras tecnologias. Várias pesquisas com lagoas no nordeste do Brasil têm demonstrado o elevado grau de qualidade que pode ser obtido no efluente final em termos de remoção de matéria orgânica e microrganismos patogênicos, viabilizando o seu reúso de forma segura (OLIVEIRA, 1990; ARAÚJO, 1993).

No entanto, o atendimento da população com serviços públicos de coleta e tratamento de esgoto no Brasil, encontra-se abaixo do nível para considerar segura e sanitariamente satisfatória a qualidade de vida dos brasileiros.

Atualmente estima-se, que pouco mais de 10% do total de esgotos produzidos são submetidos a algum tipo de tratamento e o restante é despejado *in natura* nos rios, nos córregos, nas nascentes e até mesmo nos solos,

constituindo-se uma fonte de degradação do meio ambiente e de proliferação de doenças infecciosas e parasitárias.

Na região Nordeste, a proporção de municípios com serviço de esgotamento sanitário é de 42,9%, sendo 14,7% a proporção dos domicílios atendidos por rede geral de esgoto. Do volume de esgoto urbano coletado, apenas 13,3% é submetido a tratamento para remoção de poluentes e 65,8% do esgoto não tratado é despejado nos rios. Onde não há coleta de esgoto, 47,9% dos dejetos vão para fossa séptica e 40,21%, para fossas secas (IBGE, 2000). E dados mais recentes apontam um pequeno crescimento na região Nordeste com um percentual de 45,7% dos municípios que possuem esgotamento sanitário (IBGE, 2010).

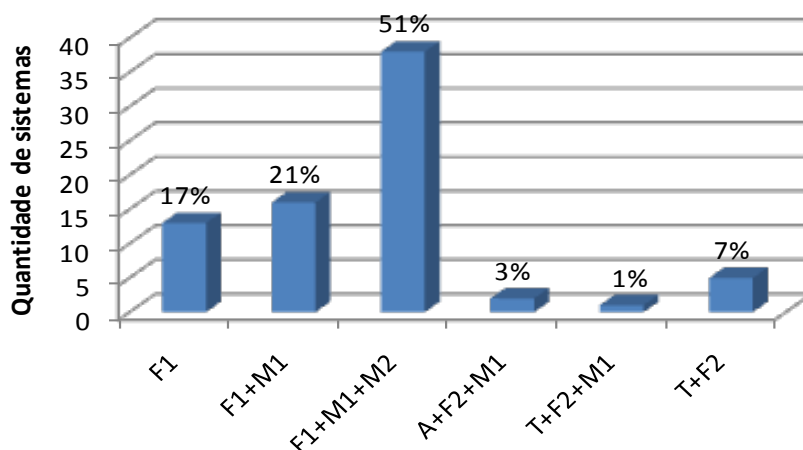
Esta situação também é predominante no Estado do Rio Grande do Norte, onde existem 167 municípios e apenas 51 tratam seus efluentes por meio de lagoa de estabilização.

O volume de esgotos coletados pela Companhia de Água e Esgoto do Rio Grande do Norte - CAERN, em todo o Estado, corresponde a 1.534.257,50 m<sup>3</sup>/mês. Deste total, apenas 65,11% recebem tratamento antes de serem lançados diretamente nos corpos aquáticos ou reutilizados de forma não-controlada na agricultura. Desse percentual tratado, apenas uma pequena parcela possui características correspondentes à qualidade que deveria possuir (SILVA FILHO, 2007).

A matéria orgânica carbonácea é causadora de um dos principais problemas de poluição da água devido ao consumo de oxigênio pelos microrganismos nos seus processos metabólicos de utilização e estabilização da matéria orgânica. Assim, o presente trabalho avaliou a remoção da matéria orgânica em nove sistemas de lagoas de estabilização do Rio Grande do Norte, baseadas nas análises feitas em laboratório, visando informar as reais taxas de remoção de matéria orgânicas desses sistemas.

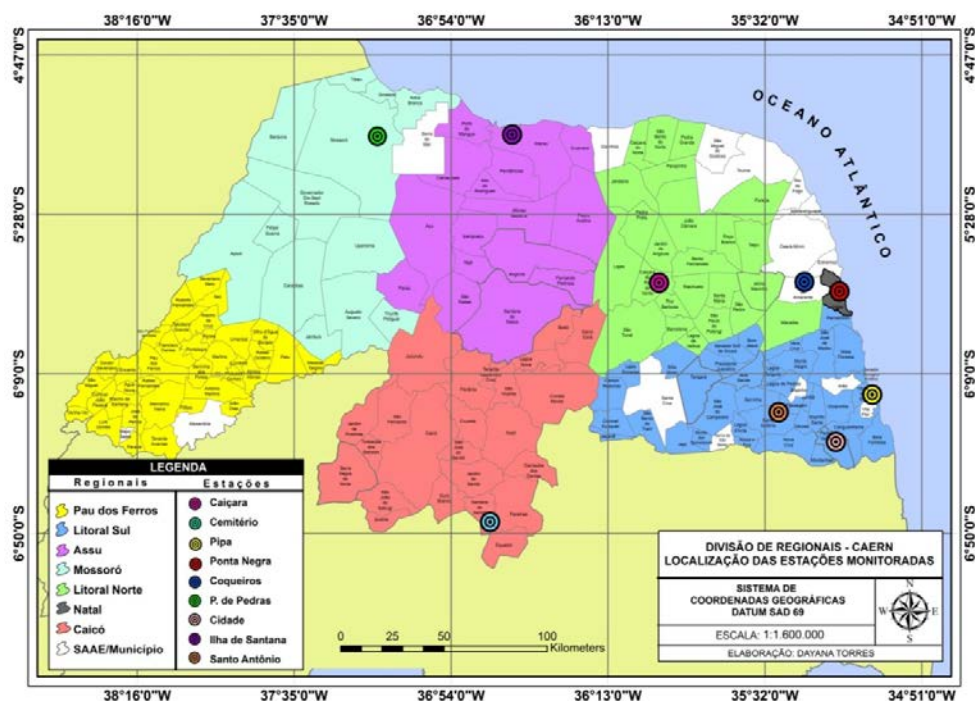
## MATERIAIS E MÉTODOS

Para o presente trabalho, foram avaliados sistemas compostos por Lagoas Facultativas Primárias (LFP) seguidas por duas Lagoas de Maturação em série (LM1 e LM2), por ser o tipo de sistema de tratamento de esgoto doméstico mais encontrado no Estado do RN, conforme apresenta a Figura 1.



**Figura 1: Lagoas de Estabilização do RN e suas configurações.**

As Estações de Tratamento de Esgotos (ETE) foram escolhidas através da configuração e de forma que compreendesse pelo menos uma ETE em cada uma das regionais do mapa do Rio Grande do Norte, para que dessa forma fosse possível uma avaliação completa do Estado. A Figura 2 apresenta a localização dos nove sistemas escolhidos.



**Figura 2: Mapa do RN e a localização das ETES em estudos.**

## MONITORAMENTO DE ROTINA

A realização do monitoramento de rotina começou em março de 2009 e finalizou em setembro de 2010. As coletas realizadas em cada sistema compreenderam o esgoto bruto afluente, após o tratamento preliminar, e o efluente de cada reator.

Durante o monitoramento foram analisadas as variáveis descritas na Tabela 1. A Tabela 2 apresenta as características físicas dos sistemas medidas em campo.

**Tabela 1: Variáveis analisadas.**

Variáveis	Métodos	Unidade
Temperatura	Termômetro com filamento de mercúrio 0° a 60°C	°C
pH	Potenciométrico	-
Oxigênio dissolvido	Winkler	mg/L
DBO <sub>5</sub> (filtrada e não filtrada)	Frascos Padrões	mg/L
DQO (filtrada e não filtrada)	Titulométrico - Digestão por refluxação fechada	mg/L

As técnicas para a determinação dos parâmetros, acima citados, tais como coleta, preservação, armazenamento e análises seguem os procedimentos padrões descritos em APHA (2005).

**Tabela 2: Características físicas dos sistemas estudados.**

Sistemas	Comprimento (m)			Largura (m)			Profundidade (m)		
	LFP	LM1	LM2	LFP	LM1	LM2	LFP	LM1	LM2
Caiçara	53,3	26	26	21	21	21	1,5	1,4	1,4
Cemitério	71	38	38	38	18,5	14,5	1,3	1,2	1,2
Cidade	52	26	26	26	10	10	2	1,5	1,5
Coqueiros	72	33	33	42	42	42	2	1,9	1,9
Ilha De Santana	255	120	120	90	60	60	2	1,5	1,5
Passagem De Pedras	225	95	95	79	79	79	2	1,5	1,5
Pipa	115	56	56	40	16	16	2	1,5	1,5
Ponta Negra	445	196	234	118	143	122	2	1,5	1,5
Santo Antônio	138	61	76	61	37,5	27,5	2	1,5	1,5

## RESULTADOS OBTIDOS DAS VARIÁVEIS ANALISADAS

A Tabela 3 apresenta os valores médios obtidos das variáveis analisadas para cada sistema estudado. A temperatura média dos nove sistemas sofreu variações apresentando uma amplitude entre 27 a 31 °C com uma tendência de estabilização próxima a 29 °C e com o valor médio para o esgoto bruto de 29,5 °C. Vale salientar que o efluente coletado nas caixas de passagem corresponde a 50 cm abaixo da lâmina líquida da lagoa. É provável, portanto, que a temperatura nas camadas mais superficiais da lagoa seja superior devido a maior incidência da luz solar.

O pH médio teve uma leve tendência de aumento ao longo da série, este fato se dá pela influência do processo fotossintético das algas, que ao consumirem o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) dissolvido na massa líquida, originado da oxidação da matéria orgânica pelas bactérias, provoca a dissociação do íon bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) e consequentemente liberando a hidroxila ( $\text{OH}^-$ ) que é responsável pelo aumento do pH no meio.

Nos nove sistemas considerou-se nulo o OD para o esgoto bruto e as concentrações de oxigênio dissolvido oscilaram entre 0,7 mg/L (LFP-ETE Cidade) e 3,9 mg/L (LM1-ETE Coqueiros e Passagem de Pedras), apresentando, assim, uma grande faixa de variação nos efluentes de cada reator. Um aspecto crítico relativo à grande variação do oxigênio dissolvido no efluente das lagoas é ação de fortes ventos, principalmente nas horas iluminadas do dia, que podem ter influenciado na difusão do oxigênio, principalmente na aeração superficial da massa líquida e na não ocorrência da estratificação térmica.

A matéria orgânica biodegradável expressa como DBO, apresentou-se bastante variável nos sistemas de lagoas estudados durante o período de monitoramento. A DBO média afluente variou de 327 mg/L (Ponta Negra) a 739mg/L (Caiçara). Já a DBO média efluente apresentou variações de 119 mg/L (Passagem de Pedras) a 193 mg/L (Ilha de Santana).

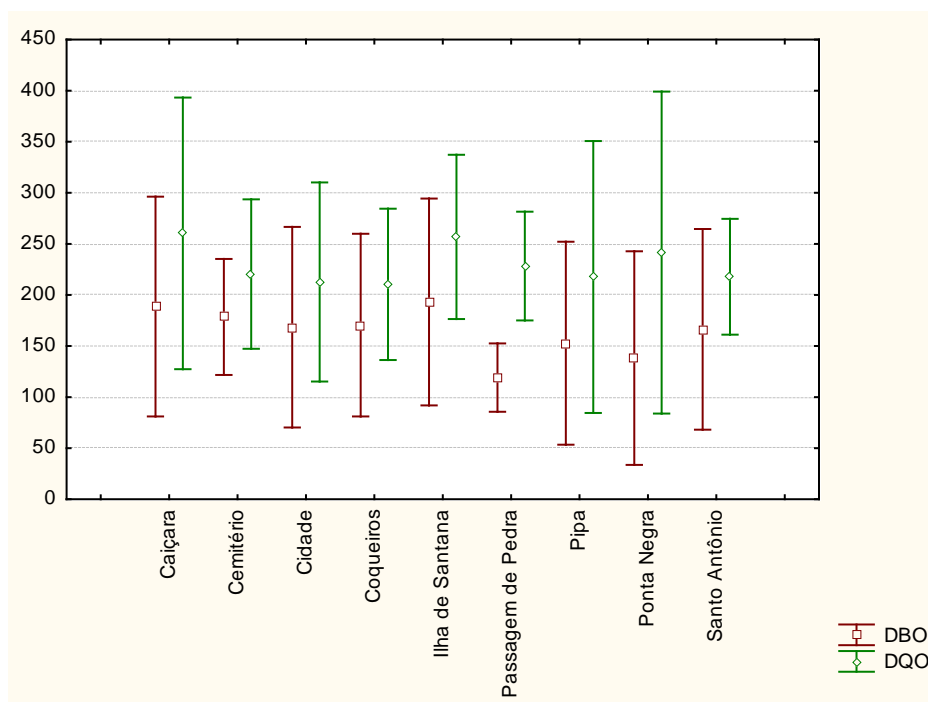
A DQO, assim como a DBO, foi reduzida gradativamente ao longo dos sistemas. A DQO média afluente apresentou variações de 520 mg/L (Passagem de Pedras) a 945 mg/L (Caiçara) e a DQO média efluente final variou de 209 mg/L (Coqueiros) a 260 mg/L (Caiçara).

Já a relação DQO/DBO apresentou média de 1,2, encontrando-se abaixo da faixa de variação (1,7 e 2,4) indicada pela literatura (VON SPERLING, 2002).

**Tabela 3: Resultados dos parâmetros avaliados nos sistemas.**

SISTEMAS	LAGOA	VARIÁVEIS				
		T (°C)	pH	OD (mg/L)	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)
Caiçara	EB	30	7,1	-	739	945
	LF	28	7,8	2,2	243	445
	LM1	28	7,6	1,6	222	353
	LM2	29	7,8	2,8	188	260
Cemitério	EB	30	7,0	-	642	724
	LF	27	7,4	1,4	261	390
	LM1	26	7,6	1,4	202	270
	LM2	27	8,0	2,8	178	220
Cidade	EB	28	7,0	-	694	741
	LF	28	7,0	0,7	178	293
	LM1	29	7,4	1,5	137	261
	LM2	29	7,6	2,9	168	212
Coqueiros	EB	30	7,3	-	604	690
	LF	29	7,6	3,6	185	344
	LM1	30	7,6	3,9	228	286
	LM2	30	7,8	3,8	161	205
Ilha De Santana	EB	30	7,3	-	587	792
	LF	28	7,9	2,0	235	351
	LM1	27	7,8	2,8	268	303
	LM2	27	7,9	3,0	193	256
Passagem De Pedras	EB	31	7,1	-	412	520
	LF	28	8,2	2,7	235	242
	LM1	28	8,6	3,9	184	302
	LM2	28	8,9	3,7	119	228
Pipa	EB	29	6,8	-	488	718
	LF	28	7,6	3,0	183	388
	LM1	28	7,7	2,3	169	282
	LM2	28	7,8	2,9	152	217
Ponta Negra	EB	29	7,4	-	327	552
	LF	28	7,6	3,6	171	365
	LM1	28	7,6	3,7	143	323
	LM2	29	7,8	3,8	138	241
Santo Antônio	EB	28	7,4	-	608	780
	LF	28	7,7	3,6	181	328
	LM1	28	7,7	3,4	140	241
	LM2	28	8,3	3,4	166	217

A Figura 3 apresenta as faixas de variações da DBO e da DQO afluente e efluente nos nove sistemas de lagoas estudados.



**Figura 3: Variação de DBO e DQO (mg/L) afluente nos Sistemas de Lagoas.**

Já Silva Filho (2009) avaliando 78 sistemas de lagoas de estabilização no estado do RN, obteve em seus resultados uma DBO e uma DQO média afluente em torno de 458 mg/L e 821 mg/L, respectivamente.

As séries de lagoas de estabilização promoveram significativas remoções nas concentrações de DBO e DQO, sendo mais significativas nas LFP e nas LMs apenas uma remoção adicional, conforme os resultados apresentados na Tabela 4.

**Tabela 4: Eficiências médias obtidas dos reatores e do total dos sistemas.**

SISTEMAS	EFICIÊNCIA DBO (%)				EFICIÊNCIA DQO (%)			
	LF	LM1	LM2	TOTAL	LF	LM1	LM2	TOTAL
Caiçara	66	12	12	74	53	20	25	72
Cemitério	56	22	12	70	44	31	18	69
Cidade	69	23	2	76	63	11	14	71
Coqueiros	69	-	29	73	50	17	31	71
Ilha de Santana	63	-	25	69	44	13	15	67
Passagem de Pedras	53	21	35	76	53	-	24	56
Pipa	61	7	17	70	43	27	24	68
Ponta Negra	41	6	7	49	33	9	28	56
Santo Antônio	70	23	-	76	57	26	10	71

As eficiências acima descritas encontram-se, na maioria, abaixo da faixa de eficiência esperada em LFP, que varia de 75 a 85% (VON SPERLING, 2002). Porém, quando avaliados em sua totalidade, a maioria dos sistemas obteve uma eficiência total acima de 60% na remoção de DBO, estando em conformidade com o CONAMA 430/2011.

Considerando a eficiência total dos sistemas estudados, o parâmetro da DBO obteve uma eficiência maior que o parâmetro da DQO e isso se deve ao fato de que a matéria orgânica biodegradável é mais fácil degradada em sistemas de lagoas de estabilização que a matéria orgânica química.

Das estações de tratamento de esgotos, a ETE Ponta Negra foi a mais estudada por outros pesquisadores. Meneses (2006), por exemplo, encontrou em sua pesquisa valores de eficiência total do sistema em torno de 72% na remoção da DBO, enquanto Oliveira (2004) encontrou valores 73%, na remoção do mesmo parâmetro. Já para DQO Meneses (2006) encontrou uma eficiência total em torno de 52%, e Oliveira (2004) em torno de 54%. Saraiva (2009) encontrou uma DBO e uma DQO afluentes para o mesmo sistema valores em torno de 384 mg/L e 625 mg/L.

## CONCLUSÕES

Alguns dos sistemas estudados estão operando a mais de uma década e a maioria deles apresenta problemas de operação e manutenção. No entanto, mesmo com todos os problemas, os resultados demonstram a grande capacidade dos sistemas de lagoas de estabilização suportarem elevadas cargas orgânicas, sendo ainda capazes de promover uma significativa remoção de matéria orgânica, em torno de 70%.

A DBO e a DQO média do EB foram de 567 e 718 mg/L, respectivamente. Sendo que a DBO foi considerada forte e a DQO encontrou-se dentro da faixa de variação, de acordo com literatura. Já a relação DQO/DBO apresentou média de 1,2, encontrando-se abaixo da faixa de variação (1,7 e 2,4) indicada pela literatura.

Baseado nos resultados experimentais realizado nos sistemas de lagoas de estabilização observou-se que a DBO e a DQO foram gradativamente reduzidas ao longo da série de lagoas, sendo maior fração degradada nas LFP, ocorrendo nas LM1 e LM2 apenas uma remoção adicional. Considerando a totalidade do sistema, a maioria apresentou uma eficiência acima de 60% estando em conformidade com a legislação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION APHA; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION AWWA; WATER ENVIRONMENT FEDERATION WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21 ed. Hardcover, 2005, 1368p.
2. ARAÚJO, A. L. C. Comportamento das Formas de Fósforo em Sistemas de Lagoas de Estabilização, em Escala Piloto, Sob Diferentes Configurações, Tratando Esgoto Doméstico. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária e Ambiental) Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1993.
3. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE CONAMA Resolução Nº 430, de 13 de maio de 2011.
4. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE. Disponível em <[www.ibge.com.br](http://www.ibge.com.br)>. Acessado em: 10 outubro de 2010.
5. MENESES, C. G. R. Evolução da Biodegradabilidade da Matéria Orgânica em um Sistema de Lagoas de Estabilização. 2006. Tese (Doutorado em Engenharia Química) Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2006.
6. OLIVEIRA, E. C. A. de. Avaliação da Remoção de Matéria Orgânica na Estação de Tratamento de Esgotos de Ponta Negra/Natal (RN). Dissertação de mestrado (Programa de Pós Graduação em Engenharia Sanitária - UFRN) 2004.
7. OLIVEIRA, R. The Performance of Deep Waste Stabilization Ponds in Northeast Brazil. Ph. D. Thesis. University of Leeds. Leeds-UK, 1990.
8. SARAIVA, L. B.; MENESES, C. G. R. Lagoa Facultativa Primária no Nordeste do Brasil: Interferência da Sedimentação e do Acúmulo de Lodo na Eficiência de Remoção da Matéria Orgânica. 8th IWA Specialist Group Conference on Waste Stabilization Ponds. Belo Horizonte/MG, 2009.
9. SILVA FILHO, P. A. Diagnóstico Operacional de Lagoas de Estabilização. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007.

10. SILVA FILHO, P. A.; ARAÚJO, A. L. C.; MEDEIROS, F. B. B.; ANDRADE NETO, C. O.; DUARTE, M. A. C. On the Performance of 78 Waste Stabilization Ponds Series in Notheast of Brazil. 8th IWA Specialist Group Conference on Waste Stabilization Ponds. Belo Horizonte/MG, 2009.
11. VON SPERLING, M. Lagoas de estabilização. 2. ED. VER. E ATUAL. Belo Horizonte: UFMG/DESA, 2002.