



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA  
CURSO DE QUÍMICA INDUSTRIAL**

**GEOVÂNIO FORTUNATO PALMEIRA**

**TRATAMENTO CONJUGADO DE ESGOTO DOMÉSTICO E LIXIVIADO DE  
ATERRO SANITÁRIO EM LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO**

**CAMPINA GRANDE – PB  
2014**

**GEOVANIA FORTUNATO PALMEIRA**

**TRATAMENTO CONJUGADO DE ESGOTO DOMÉSTICO E LIXIVIADO DE  
ATERRO SANITÁRIO EM LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO**

*Trabalho de Conclusão de  
Curso (TCC) apresentado  
como exigência para  
obtenção do Título de  
Graduação em Química  
Industrial da Universidade  
Estadual da Paraíba.*

Orientador: Prof. Dr. Valderi Duarte Leite

CAMPINA GRANDE – PB  
2014

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

P182t Palmeira, Geovanio Fortunato.

Tratamento conjugado de esgoto doméstico e lixiviado de aterro sanitário em lagoas de estabilização [manuscrito] / Geovanio Fortunato Palmeira. - 2014.

44 p. : il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2014.

"Orientação: Prof. Dr. Valderi Duarte Leite, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental".

1. Lixiviado de aterro sanitário. 2. Tratamento de esgoto. 3. Lagoas de estabilização. I. Título.

21. ed. CDD 363.728

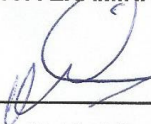
GEOVANO FORTUNATO PALMEIRA

TRATAMENTO CONJUGADO DE ESGOTO DOMÉSTICO E LIXIVIADO DE  
ATERRO SANITÁRIO EM LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO

*Monografia apresentada como  
Trabalho de Conclusão de Curso  
(TCC) como exigência para  
obtenção do Título de Graduado  
em Química Industrial da  
Universidade Estadual da  
Paraíba – UEPB.*

APRESENTADO EM: 08, 09, 2014

BANCA EXAMINADORA



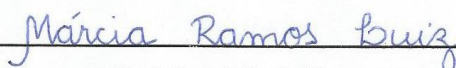
Prof. Dr. Valderi Duarte Leite

(Orientador – DESA / UEPB)



Prof. Dr. José de Arimatéia Nóbrega

(Examinador – DQ / UEPB)



Prof. Dra. Márcia Ramos Luiz

(Examinadora – DESA / UEPB)

Campina Grande – PB

2014

Dedico este trabalho a todos que contribuíram direto ou indiretamente em minha formação acadêmica. Como também a meu avô Josué Palmeira da Costa [*in Memoriam*], que desde cedo me incentivou com palavras doces e puras. Quando eu tinha uns cinco anos, ele pegou a minha mão colocou sobre a dele e disse: "Esse será o doutor da família". Agradeço por essa profetização em minha vida. Estou mais perto vô!

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a todos que contribuíram no decorrer desta jornada, em especialmente:

A Deus, a quem devo minha vida. Meu ponto de força de vontade, perseverança e fé! Sem Ti o PAI nada teria conseguido!

A minha família que sempre me apoiou nos estudos e nas escolhas tomadas.

A minha esposa Laura por sempre me incentivar e compreender nos momentos difíceis. Obrigado Meu amor por tudo!

A minha mãe Maria do Socorro Fortunato Palmeira e meu Pai Antonio Jorge Palmeira por terem me incentivado, encorajado nos momentos difíceis e serem meus exemplos e meu orgulho. Como Também a meus irmãos Geovania Fortunato Palmeira e Jeová Fortunato Palmeira por terem sido chatos comigo e feito seus papeis de irmãos mais velhos me cobrando e ajudando sempre.

Ao orientador Prof. Dr. Valderi Duarte Leite que teve papel fundamental na elaboração deste trabalho, juntamente com todo pessoal da EXTRABES – Estação Experimental de Tratamentos Biológicos de Esgotos Sanitários.

Aos Professores José Arimatéia Nóbrega e Márcia Ramos Luiz, pelo apoio paciência e dedicação no ensino. Como a todo o corpo docente e discente da Universidade Estadual da Paraíba.

Aos meus colegas pelo companheirismo e disponibilidade para me auxiliar em vários momentos.

## RESUMO

O grande problema no descarte do lixiviado produzido em aterros sanitários fez-se desenvolver alternativas viáveis e eficientes para o tratamento do mesmo; surgindo à iniciativa de pesquisar sobre o tratamento conjugado entre lixiviado de aterro sanitário mais esgoto doméstico, visando tratar o lixiviado de aterro sanitário diluindo este no esgoto, reduzindo as elevadas concentrações de matéria orgânica e nitrogênio amoniacal, deixando em proporções adequadas ao tratamento convencional. Neste trabalho analisou-se a eficiência do processo de tratamento conjugado do lixiviado de aterro sanitário mais esgoto doméstico em um sistema de lagoas de estabilização. Este sistema constitui uma tecnologia já bastante consolidada para o tratamento de esgoto. O sistema experimental foi projetado, construído e monitorado nas dependências físicas da Estação Experimental de Tratamentos Biológicos de Esgotos Sanitários (EXTRABES) da Universidade Estadual da Paraíba, localizado no Bairro do Catolé na cidade de Campina Grande, composto por quatro lagoas de estabilização em série, sendo uma lagoa facultativa, seguida de três lagoas de maturação. O abastecimento da série de lagoas era proveniente de uma mistura de 2% de lixiviado de aterro sanitário com 98% de esgoto doméstico. A eficiência do tratamento, nos parâmetros analisados, pH, Alcalinidade, Ácidos Graxos Voláteis, Nitrogênio Amoniacal, Fósforo total, Ortofosfato, Demanda Química de Oxigênio - DQO *total* e Demanda Química de Oxigênio - DQO *solúvel* se enquadraram aos padrões estabelecidos pelo CONAMA 430/2011, para descarte de efluentes de sistema de tratamento de esgoto sanitário em corpos aquáticos.

**PALAVRAS-CHAVES:** Lixiviado de aterro sanitário, tratamento de Esgoto, Lagoas de estabilização.

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1</b> - Diagrama de blocos experimental do processo de tratamento de esgoto doméstico e lixiviado de aterro sanitário .....	21
<b>FIGURA 2</b> - Esquema do sistema de Lagoas de estabilização.....	22
<b>FIGURA 3</b> – Reservatório abastecido com 98% de Esgoto Doméstico e 2% de Lixiviado de Aterro Sanitário.....	23
<b>FIGURA 4</b> – Série de Lagoas de estabilização .....	23
<b>FIGURA 5</b> – Gráfico do pH da Série de Lagoas de Estabilização.....	25
<b>FIGURA 6</b> – Gráfico do pH do esgoto doméstico e do tanque de coleta .....	25
<b>FIGURA 7</b> – Gráfico da Alcalinidade da Série de Lagoas de Estabilização.....	27
<b>FIGURA 8</b> – Gráfico da Alcalinidade do esgoto doméstico e do tanque de coleta...	27
<b>FIGURA 9</b> - Gráfico dos Ácidos Graxos Voláteis da Série de Lagoas de Estabilização .....	29
<b>FIGURA 10</b> - Gráfico dos Ácidos Graxos Voláteis do esgoto doméstico e do tanque de coleta.....	29
<b>FIGURA 11</b> – Gráfico do Nitrogênio Amoniacal da Série de Lagoas de Estabilização	31
<b>FIGURA 12</b> – Gráfico do Nitrogênio Amoniacal do esgoto doméstico e do tanque de coleta.....	32
<b>FIGURA 13</b> - Gráfico do Fósforo <sub>total</sub> da Série de Lagoas de Estabilização .....	33



<b>FIGURA 14</b> - Gráfico do Fósforo <sub>total</sub> do esgoto doméstico e do tanque de coleta ...	34
<b>FIGURA 15</b> – Gráfico do Orto-Fosfato da Série de Lagoas de Estabilização .....	36
<b>FIGURA 16</b> – Gráfico do Orto-Fosfato do esgoto doméstico e do tanque de coleta	37
<b>FIGURA 17</b> - Gráfico de DQO <sub>total</sub> da Série de Lagoas de Estabilização .....	38
<b>FIGURA 18</b> - Gráfico de DQO <sub>total</sub> do esgoto doméstico e do tanque de coleta .....	38
<b>FIGURA 19</b> – Gráfico de DQO <sub>Solúvel</sub> da Série de Lagoas de Estabilização .....	40
<b>FIGURA 20</b> – Gráfico de DQO <sub>Solúvel</sub> do esgoto doméstico e do tanque de coleta ...	40

## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA 1</b> - Faixa de variação típica para os parâmetros analisados do esgoto domésticos.....	15
<b>TABELA 2</b> - Classificação do lixiviado em relação à idade do aterro sanitário.....	16
<b>TABELA 3</b> – Características de lixiviados de diferentes aterros sanitários brasileiros.	17.
<b>TABELA 4</b> – Influência das condições ambientais. ....	20.
<b>TABELA 5</b> – Análise do pH do esgoto e de cada lagoa de estabilização.....	24.
<b>TABELA 6</b> – Alcalinidade do esgoto e de cada lagoa de estabilização.....	26.
<b>TABELA 7</b> – Ácidos Graxos Voláteis do esgoto e de cada lagoa de estabilização .	28
<b>TABELA 8</b> – Nitrogênio Amoniacal do esgoto e de cada lagoa de estabilização. ...	30.
<b>TABELA 9</b> – Fósforo total do esgoto e de cada lagoa de estabilização. ....	32.
<b>TABELA 10</b> – Orto-fosfato do esgoto e de cada lagoa de estabilização. ....	35.
<b>TABELA 11</b> – DQO <i>total</i> do esgoto e de cada lagoa de estabilização. ....	37.
<b>TABELA 12</b> – DQO <i>solúvel</i> do esgoto e de cada lagoa de estabilização.....	39.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>13</b>
2.1 OBJETIVO GERAL .....	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	13
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>14</b>
<b>3.1 Esgoto doméstico.....</b>	<b>14</b>
<b>3.2 Lixiviado de aterro sanitário.....</b>	<b>15</b>
<b>3.3 Lagoas de Estabilização.....</b>	<b>18</b>
<b>3.3.1 LAGOA ANAERÓBIA.....</b>	<b>18</b>
<b>3.3.2 LAGOA FACULTATIVA.....</b>	<b>19</b>
<b>3.3.3 LAGOA DE MATURAÇÃO E POLIMENTO.....</b>	<b>19</b>
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>21</b>
<b>4.1 LOCAL DE ESTUDO.....</b>	<b>22</b>
<b>4.2 MATÉRIAS-PRIMAS.....</b>	<b>21</b>
<b>4.3 PROCESSAMENTO.....</b>	<b>21</b>
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>24</b>
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>42</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>43</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos a preocupação com as questões ambientais vem sendo muito explorada, uma vez que o desequilíbrio gerado de uma forma global encaminha-se ao surgimento de grandes impactos ambientais negativos na sociedade. Grande parte dessa problemática é resultante do descarte indevido de lixo (derivados) e esgoto doméstico no meio ambiente.

Por esse motivo é de fundamental importância gerenciar os processos minimizando os impactos ambientais inerentes ao processamento.

O destino da maioria dos efluentes urbanos é o encaminhamento a um corpo de água. Em consequência desse lançamento aparece a possibilidade de virem a serem gerados certos inconvenientes, como por exemplo, o despreendimento de maus odores, o sabor estranho da água potável, mortandade dos peixes e outros. A saúde pública pode ser ameaçada pela contaminação das águas de abastecimento, dos balneários e dos gêneros alimentícios. O cólera, a febre tifoide, a disenteria e a hepatite infecciosa podem ser disseminados por veiculação hídrica. É possível que as águas de um rio se tornem impróprias para o uso agrícola ou industrial. A finalidade do tratamento dos despejos é manter os corpos de água livres de inconvenientes desse gênero.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o desempenho de lagoas de estabilização no processo de tratamento conjugado de lixiviado de aterro sanitário e esgoto doméstico.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar a caracterização química do lixiviado de aterro sanitário e do esgoto doméstico.
- Avaliar a eficiência de remoção da matéria orgânica e nutrientes, no processo de tratamento conjugado de substrato preparado a partir da mistura de 2 % de lixiviado de aterro sanitário com 98 % de esgoto doméstico (percentagem em volume).
- Verificar se o tratamento conjugado do lixiviado de aterro sanitário mais esgoto doméstico numa série de lagoas de estabilização, produzirá efluente dentro dos padrões de descarte preconizados pelo CONAMA 430/2011.
- Analisar as variações de pH, Alcalinidade, Ácidos Graxos Voláteis, Nitrogênio Amoniacal, Fósforo, Orto-fosfato, DQO (Demanda Química de Oxigênio) na entrada e na saída das lagoas de estabilização.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 ESGOTO DOMÉSTICO

O esgoto sanitário, segundo definição da norma brasileira NBR 9648 (ABNT, 1986) é o "despejo líquido constituído de esgotos doméstico e industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária". Essa mesma norma define ainda:

- esgoto doméstico como despejo líquido resultante do uso da água para higiene e necessidades fisiológicas humanas;
- esgoto industrial como despejo líquido resultante dos processos industriais, respeitados os padrões de lançamento estabelecidos;
- água de infiltração como toda água proveniente do subsolo, indesejável ao sistema separador e que penetra nas canalizações;
- contribuição pluvial parasitária como a parcela do deflúvio superficial inevitavelmente absorvida pela rede de esgoto sanitário.

O esgoto doméstico é gerado a partir da água de abastecimento, portanto, sua medida resulta da quantidade de água consumida. Esta é geralmente expressa pela "taxa de consumo *per capita*", variável segundo hábitos e costumes de cada localidade. É usual a *per capita* de 200 L/hab. dia, mas em grandes cidades de outros países essa *per capita* de consumo chega a ser de três a quatro vezes maiores, resultando num esgoto mais diluído, já que é praticamente constante a quantidade de resíduo produzido por pessoa. É óbvio que as vazões escoadas de esgoto são maiores. Mesmo no Brasil, há capitais de estados que utilizam *per capita*s maiores do que aquela no dimensionamento dos seus sistemas, ou parte deles. Mas, em outros casos, são usadas *per capita*s bem menores. (Nuvolari, 2003).

A Tabela 1 apresenta a faixa de variação da concentração de alguns parâmetros do esgoto doméstico.

**TABELA 1** - Faixa de variação típica para os parâmetros analisados do esgoto doméstico.

<b>Parâmetros</b>	<b>Faixa de variação</b>	<b>Unidades</b>
Sólidos Totais	370 – 1160	mg.L <sup>-1</sup>
Sólidos Suspensos Totais	120 – 360	mg.L <sup>-1</sup>
Sólidos Suspensos Voláteis	90 – 280	mg.L <sup>-1</sup>
Sólidos Suspensos Fixos	30 – 80	mg.L <sup>-1</sup>
Sólidos Dissolvidos Totais	250 – 800	mg.L <sup>-1</sup>
Sólidos Dissolvidos Voláteis	105 – 300	mg.L <sup>-1</sup>
Sólidos Dissolvidos Fixos	145 – 500	mg.L <sup>-1</sup>
Sólidos Sedimentáveis	5 – 20	mg.L <sup>-1</sup>
DQO	200 – 800	mgO <sub>2</sub> .L <sup>-1</sup>
DBO <sub>5</sub>	100 – 400	mgO <sub>2</sub> .L <sup>-1</sup>
Nitrogênio Total	45 – 85	mgN.L <sup>-1</sup>
Nitrogênio Orgânico	10 – 35	mgN.L <sup>-1</sup>
Nitrogênio Amoniacal	10 – 50	mgN.L <sup>-1</sup>
Nitrito	0 - 0,10	mgNO <sub>2</sub> .L <sup>-1</sup>
Nitrato	0,10 – 0,40	mgNO <sub>3</sub> .L <sup>-1</sup>
Fósforo Total	5 – 20	mgP.L <sup>-1</sup>
pH	6,7 – 8,0	-

Fonte – Adaptado JORDÃO e PESSÓA, 2005.

### 3.2 LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO

Um sério problema que ocorre nos aterros sanitários é a formação de chorume, que é o líquido produzido pela massa orgânica do lixo durante o processo

de degradação biológica. Este líquido em contato com a água da chuva, que cai sobre a massa do aterro, gera o lixiviado, líquido tóxico, com valores elevados de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e DQO (Demanda Química de Oxigênio), traços de metais dissolvidos e amônia.

No Brasil, o lixiviado é coletado nos aterros sanitários e transportado, em caminhões pipa, para Estações de Tratamento de Esgotos (ETE), onde é submetido à degradação microbiológica. Após isso, o lixiviado é lançado, juntamente com o esgoto tratado em águas superficiais.

Guo *et al.* (2010), afirmaram que as características qualitativas do lixiviado de aterros variam de acordo com o tipo, grau e estágio de decomposição dos resíduos sólidos aterrados, como também da umidade, de variações sazonais do tempo e da idade do aterro.

O lixiviado de aterro sanitário possuirá diferentes composições à medida que os aterros envelhecem. Na Tabela 2, apresentam-se as classificações do lixiviado de acordo com a idade do aterro sanitário.

**TABELA 2** - Classificação do lixiviado em relação à idade do aterro sanitário.

	<b>Novo</b>	<b>Intermediário</b>	<b>Velho</b>
Idade (anos)	<5	5 - 10	>10
pH	6,5	6,5 - 7,5	>7,5
DQO (mgO <sub>2</sub> .L <sup>-1</sup> )	>10.000	4.000 - 10.000	<4.000
DBO <sub>5</sub> /DQO	>0,3	0,1 - 0,3	<0,1
Compostos Orgânicos	80% AGV	5-30% AGV + ácidos húmicos e fúlvicos	Ácidos húmicos e fúlvicos
Biodegradabilidade	Alta	Média	Baixa

Fonte - RENO, *et al.*, 2008.



Segundo Ifeanyichukwu (2008), aterros novos, com idade inferior a cinco anos, encontram-se na fase acidogênica e como consequência, apresentam grande quantidade de matéria orgânica biodegradável, que é fermentada facilmente, resultando na produção de ácidos graxos voláteis (AGV). Quando o aterro ultrapassa os cinco anos, a fase metanogênica se inicia, degradando os AGV, gerando metano (CH<sub>4</sub>) e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), resultando numa redução da biodegradabilidade da fração orgânica do lixiviado.

Ahmed e Lan (2012) relataram que o lixiviado, quando novo, apresenta altas concentrações de matéria orgânica biodegradável, com isso obterá elevada razão de demanda bioquímica de oxigênio por demanda química de oxigênio (DBO<sub>5</sub>/DQO). Esta razão decairá com o tempo, resultante dos processos de estabilização da matéria orgânica biodegradável, restando apenas à matéria orgânica de difícil degradação, o que dificultará o tratamento do lixiviado, devido apresentar novas características.

Na Tabela 3, apresentam-se os dados de estudos das variações encontradas no lixiviado realizados em aterros sanitários em alguns estados brasileiros.

**TABELA 3** - Características de lixiviados de diferentes aterros sanitários brasileiros.

Parâmetros	Unidades	Muribeca	João Pessoa	Belo Horizonte	Gramacho
		PE	PB	MG	RJ
Idade (2008)	Anos	23	6	21	30
pH	-	7,6 – 8,7	8 – 8,6	8 – 8,6	7,7 – 9,1
DQO	mgO <sub>2</sub> .L <sup>-1</sup>	2102 – 8416	3244 - 25478	1504 – 3089	804 – 4255
DBO <sub>5</sub>	mgO <sub>2</sub> .L <sup>-1</sup>	467 – 4526	3516 - 3760	20 – 260	118 – 857
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mgN.L <sup>-1</sup>	697 – 2052	1024 - 2738	527 – 1716	76 – 3565
SST	mg.L <sup>-1</sup>	882 – 2082	121 – 645	12 – 67	13 – 265
Fósforo total	mgP.L <sup>-1</sup>	0,6 – 22	23	11 – 38	14 – 60

Fonte - Adaptado de LANGE e AMARAL, 2009.

Como pode-se observar na Tabela 3, os lixiviados apresentam diferenças em suas composições, constatando que para cada aterro, serão gerados lixiviados com características específicas, portanto o tratamento adequado para o lixiviado produzido em um aterro deve estar associado a suas características, podendo adequar-se a um tratamento mais rigoroso ou mais simples.

### 3.3 LAGOA DE ESTABILIZAÇÃO

A lagoa de estabilização é um reator biológico dimensionado dentro de critérios técnicos que, ao receber esgoto doméstico, o submete a degradação biológica, estabilizando ou mineralizando o máximo possível da carga orgânica e reduzindo o número de microrganismos patogênicos existentes. A estabilização da matéria orgânica é realizada pela oxidação bacteriológica – oxidação aeróbia ou fermentação anaeróbia; e/ou redução fotossintética das algas.

Jordão e Pessôa, 2005 mencionam ainda que as lagoas de estabilização são lagos natural ou artificial, com condições favoráveis para ocorrência de fenômenos físicos, químicos e biológicos, que se caracterizam por apresentar processos de autodepuração. A estabilização da matéria orgânica ocorrerá principalmente pela ação das bactérias, podendo ainda ter a participação de fungos e protozoários durante o processo. A estabilização da matéria orgânica se baseia em dois princípios biológicos fundamentais: respiração e fotossíntese.

#### Tipos de lagoas de estabilização

A determinação da carga volumétrica ou superficial aplicada é utilizada para definir o tipo de lagoa de estabilização que está sendo adotada.

As lagoas podem ser classificadas como: anaeróbia, facultativa, maturação e polimento, levando-se em consideração a carga superficial ou volumétrica aplicada, Oxigênio Dissolvido na massa líquida e as características físicas do sistema.

#### *3.3.1 Lagoa Anaeróbia*

A principal função da lagoa anaeróbia, de acordo com Mozaheb *et al.* (2010), é estabilizar águas residuárias com elevada carga orgânica, não necessariamente produzindo efluente de boa qualidade, com isso, devido à ineficiência do tratamento

em atender os requisitos de descarte de efluentes, este requer o uso de outro sistema de tratamento para adequar o efluente para o descarte em corpos aquáticos ou reuso agrícola.

### *3.3.2 Lagoa Facultativa*

Nas lagoas facultativas, a matéria orgânica residual da lagoa anaeróbia é removida através da atividade de algas e bactérias heterotróficas.

Esta se caracteriza por apresentar três zonas; aeróbia, anaeróbia e facultativa. (JORDÃO e PÊSSOA, 2005).

Na zona aeróbia, camada superficial da lagoa, os mecanismos de estabilização da matéria orgânica ocorrem pela oxidação aeróbia, onde as algas presentes neste meio realizam fotossíntese, liberando  $O_2$  para o meio líquido, que é consumido pelas bactérias aeróbias, degradando a matéria orgânica.

Na zona anaeróbia, localizada na parte inferior da lagoa, encontra-se a camada de lodo, composta pela matéria orgânica sedimentada. No fundo da lagoa, o lodo é degradado pelos fenômenos típicos dos processos anaeróbios, produzindo  $CO_2$ ,  $CH_4$  e sulfeto de hidrogênio ( $H_2S$ ).

A zona facultativa consiste da zona intermediária da lagoa e apresenta características facultativas, onde pode ocorrer a presença ou ausência de  $O_2$ . No caso da ausência de  $O_2$ , as bactérias facultativas utilizam outros aceptores de elétron, tais como o nitrato ( $NO_3^-$ ), o sulfato ( $SO_4^{2-}$ ) e o  $CO_2$ .

### *3.3.3 Lagoa de Maturação e Polimento*

Lagoas de maturação e polimento são aplicadas para a realização de tratamentos terciários, cujo objetivo é remover microrganismos patogênicos. Apresentam condição estritamente aeróbia e características semelhantes, diferindo apenas quanto ao tipo de efluente que será aplicado o pós-tratamento.

Von Sperling *et al.* (2009), descreveram lagoa de polimento como uma forma de lagoa de maturação, onde seu tratamento será aplicado para melhorar a qualidade dos efluentes de reatores anaeróbios de manta de lodo e fluxo ascendente (UASB), tendo como objetivo a remoção de organismos patogênicos, de

modo que o efluente gerado após o tratamento possa ser descartado de forma segura em um corpo de água ou usado para irrigação.

Vento e calor são dois fatores importantes que influenciam no grau de mistura que ocorre dentro de uma lagoa, minimizando a possibilidade de ocorrência de curtos circuitos hidráulicos e de zonas estagnadas, bem como assegurado uma razoável e uniforme distribuição de carga orgânica e do oxigênio.

As lagoas de estabilização constituem uma tecnologia já bastante consolidada para o tratamento de águas residuárias, sendo considerada pela Organização Mundial da Saúde (OMS), uma das formas de tratamento de esgotos domésticos, mais apropriada quando levado em consideração o reuso de efluentes para a agricultura e, em especial quando se tratar de países em desenvolvimento. (WHO, 1989).

Segundo Arthur (1983), as lagoas de estabilização constituem o sistema de tratamento mais adequado para países em desenvolvimento e de regiões tropicais e subtropicais onde há disponibilidade de terrenos a custos relativamente baixos, como também pelas condições climáticas favoráveis ao processo de biodegradação, disponibilizando temperatura elevada todo ano, através da luz solar.

A Tabela 4 apresenta a influência das condições ambientais.

**TABELA 4** - Influência das condições ambientais

Fator	Radiação solar	Temperatura	Vento
Influência	Velocidade de fotossíntese	Velocidade de fotossíntese Taxa de decomposição bacteriana Solubilidade e transferência de gases Condições de mistura	Condições de mistura  Reaeração atmosférica

Fonte: Própria (2014)

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 LOCAL DE ESTUDO

A pesquisa foi realizada na Estação Experimental em Tratamentos Biológicos de Esgoto Sanitários – EXTRABES da UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA, Campina Grande, Paraíba.

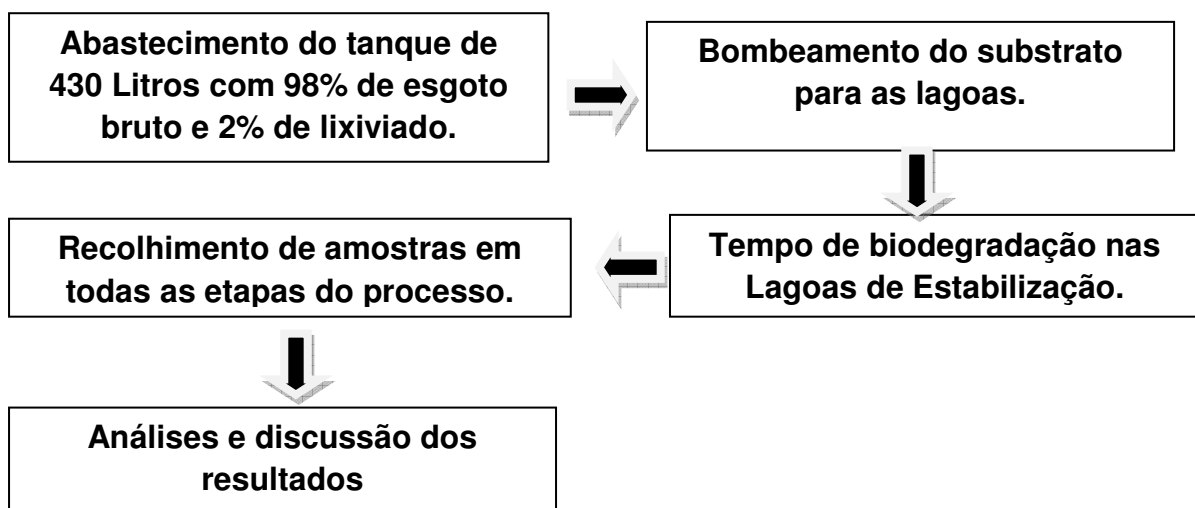
### 4.2 MATÉRIA PRIMA

Para o desenvolvimento deste trabalho foram utilizadas como matérias primas, Esgoto Doméstico retirado da rede coletora de esgoto da Companhia de Água e Esgoto da Paraíba – CAGEPA e Lixiviado de aterro sanitário adquirido de aterros sanitários da cidade de João Pessoa.

### 4.3 - PROCESSAMENTO

O estudo ocorreu de janeiro a maio de 2014. O procedimento experimental utilizado na pesquisa é apresentado na Figura 1 que ilustra um diagrama de blocos com todas as etapas realizadas no processo de tratamento de esgoto doméstico e lixiviado de aterro sanitário.

Figura 1: Diagrama de blocos experimental do processo de tratamento de esgoto doméstico e lixiviado de aterro sanitário.

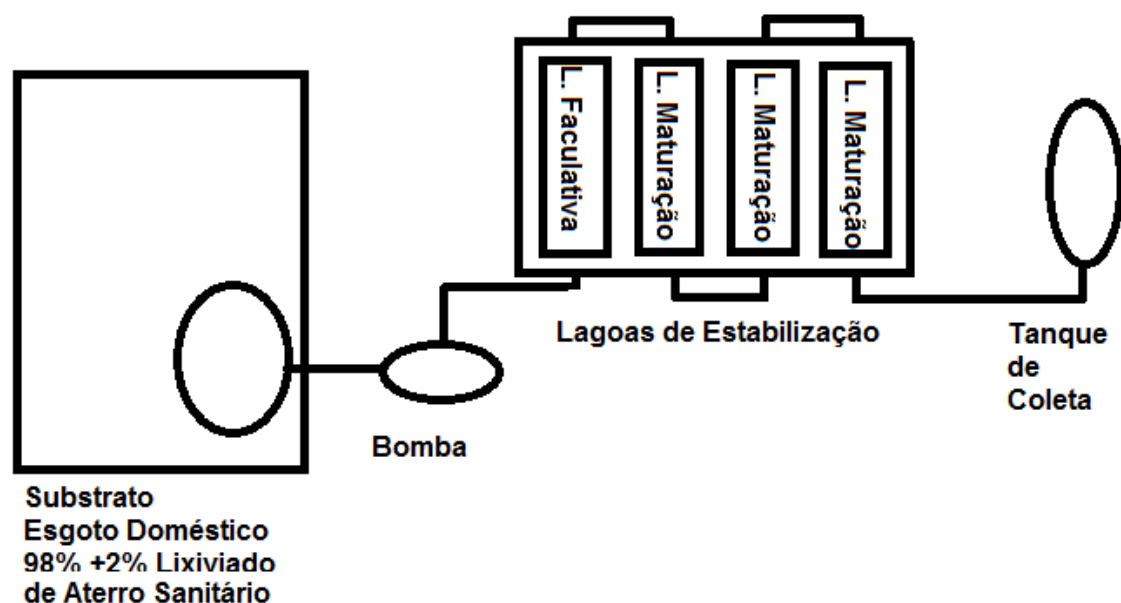


Fonte: Própria (2014)

O sistema experimental constituído por um reservatório de material cerâmico com capacidade de 500 litros, onde era preparado o substrato 430 Litros, sendo uma mistura de 2% de lixiviado de aterro sanitário (8,6 Litros) e 98% de esgoto doméstico (421,4 Litros), e de quatro lagoas em série, construídas em alvenaria com interconexões de tubos de PVC, permitindo a passagem do efluente de uma lagoa para outra. A primeira lagoa possuía um registro de controle de fluxo do substrato, para alimentação do sistema experimental, ligado a uma bomba peristáltica, e outros dispositivos complementares conforme Figura 2.

A série de lagoas de estabilização era constituída por quatro lagoas sendo uma lagoa facultativa, seguida de três lagoas de maturação.

**FIGURA 2** – Esquema do sistema de Lagoas de estabilização.



Fonte: Própria (2014)

Nas Figuras 3 e 4 são apresentadas foto reais do reservatório utilizado e da série de lagoas de estabilização, respectivamente.

Figura 3 - Reservatório abastecido com 98% de Esgoto Doméstico e 2% de Lixiviado de Aterro Sanitário



Fonte: Própria (2014)

Figura 4 - Série de Lagoas de estabilização.



Fonte: Própria (2014)

## 5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 5 são apresentados os dados advindos do processo de monitoramento da série de lagoas de estabilização e do esgoto doméstico afluente das lagoas.

Tabela 5: Análise do pH do esgoto doméstico e de cada lagoa de estabilização.

<b>DATA</b>	<b>Lagoa Facultativa</b>	<b>Lagoa de Maturação 1</b>	<b>Lagoa de Maturação 2</b>	<b>Lagoa de Maturação 3</b>	<b>Tanque de Coleta</b>	<b>Esgoto Doméstico Bruto</b>
10/01/2014	7,98	8,04	8,10	8,24	8,51	7,21
17/01/2014	7,87	7,96	8,09	8,17	8,49	7,18
24/01/2014	8,01	8,11	8,20	8,41	8,69	7,25
31/01/2014	9,88	8,08	8,12	8,39	8,59	7,32
07/02/2014	7,92	7,98	8,09	8,22	8,64	7,08
14/02/2014	7,94	8,03	8,11	8,37	8,48	7,38
21/02/2014	7,85	7,91	8,17	8,51	8,74	7,31
28/02/2014	7,87	7,93	8,06	8,11	8,14	7,45
07/03/2014	7,92	8,02	8,10	8,04	8,21	7,31
14/03/2014	7,70	7,86	7,92	7,96	8,05	7,57
20/03/2014	7,86	7,94	8,12	8,31	8,39	7,21
27/03/2014	7,78	7,83	7,94	8,02	8,19	6,75
03/04/2014	8,05	8,08	8,09	8,23	8,43	7,25
10/04/2014	7,79	7,82	7,86	8,17	8,33	7,16
16/04/2014	7,71	7,84	8,08	8,41	8,54	7,06
24/04/2014	7,84	7,98	8,15	8,35	8,51	7,08
01/05/2014	7,87	7,97	8,13	8,31	8,65	7,13
09/05/2014	7,72	7,86	8,01	8,34	8,50	7,12
14/05/2014	7,89	7,99	8,08	8,12	8,43	7,29
23/05/2014	7,79	7,89	8,25	8,49	8,63	7,24

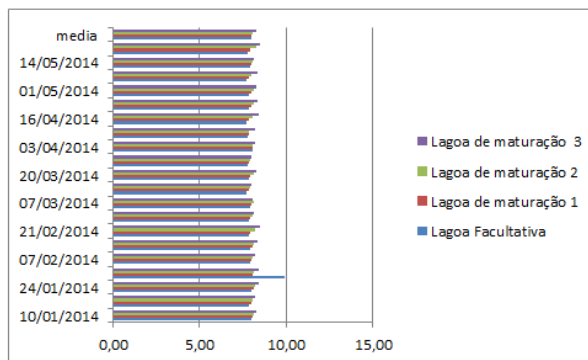


Média	7,96	7,95	8,08	8,26	8,46	7,22
-------	------	------	------	------	------	------

Fonte: Equipe EXTRABES (2014)

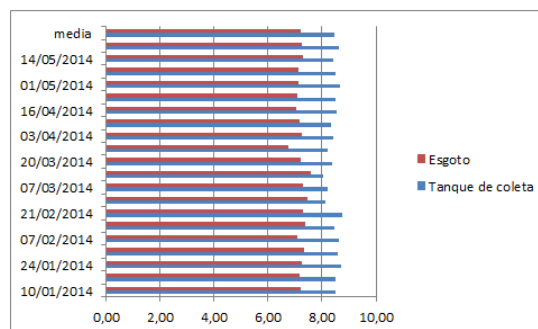
Nas Figuras 5 e 6 são apresentados gráficos com os resultados do pH da série de lagoas de estabilização e do esgoto doméstico afluente das lagoas, provenientes da Tabela 5.

Figura 5 – Gráfico do pH da Série de Lagoas de estabilização.



Fonte: Própria (2014)

Figura 6 – Gráfico do pH do esgoto doméstico e do Tanque de coleta.



Fonte: Própria (2014)

A elevação no valor do pH, com o percorrer do efluente ao longo das lagoas de estabilização, está associado às algas que, através da fotossíntese, consomem o  $\text{CO}_2$  presente no meio líquido, utilizando-o para o seu crescimento e liberando radicais  $\text{OH}^-$ , fazendo com que o pH do meio líquido eleve-se.

Observou-se que o pH médio das lagoas de estabilização, apresentou valor de 8,63 encontrando-se levemente alcalino, todavia este valor encontra-se dentro dos padrões estabelecido pelo CONAMA 430/2011, para lançamento em corpos aquáticos, onde este deve estar entre 5 e 9.

Na Tabela 6 são apresentados os dados de alcalinidade advindos do processo de monitoramento da série de lagoas de estabilização e do esgoto doméstico afluente das lagoas.

Tabela 6 - Alcalinidade do esgoto e de cada lagoa de estabilização.

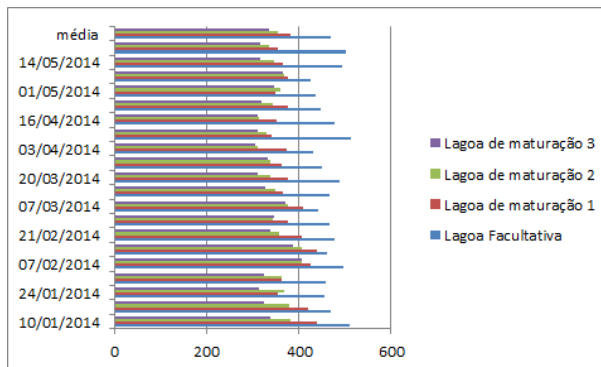
<b>DATA</b>	<b>Lagoa Facultativa</b>	<b>Lagoa de Maturação 1</b>	<b>Lagoa de Maturação 2</b>	<b>Lagoa de Maturação 3</b>	<b>Tanque de Coleta</b>	<b>Esgoto Doméstico Bruto</b>
10/01/2014	510,12	438,18	380,41	337,9	305,2	335,72
17/01/2014	468,18	419,34	379,49	324,91	317,23	376,67
24/01/2014	454,57	354,87	367,21	313,74	308,87	367,21
31/01/2014	457,12	361,23	361,45	325,47	312,9	389,45
07/02/2014	496,23	425,1	407,66	405,48	390,22	341,23
14/02/2014	461,07	438,18	405,48	388,04	372,78	340,08
21/02/2014	478,79	406,4	356,34	338,72	320,3	355,88
28/02/2014	465,87	376,21	342,87	345,87	334,91	372,09
07/03/2014	441,195	408,03	375,87	369,84	341,7	365,32
14/03/2014	467,23	365,09	348,56	327,35	317,91	379,55
20/03/2014	487,6	377,36	337,08	309,52	305,87	326,48
27/03/2014	449,13	362,98	339,12	332,72	298,34	235,2
03/04/2014	431,2	372,4	310,56	305,6	284,55	372,4
10/04/2014	513,21	341,34	330,23	310,76	302,46	350,66
16/04/2014	476,37	352,34	313,56	309,54	305,52	379,89
24/04/2014	446,24	376,21	342,12	317,9	313,65	345,98
01/05/2014	435,98	347,98	359,88	346,23	326,9	389,34
09/05/2014	425,9	377,61	369	366,54	351,87	324,72

14/05/2014	493,23	366,54	345,63	317,34	314,88	399,75
23/05/2014	503,07	354,24	334,56	316,11	290,28	397,29
Média	468,11	381,08	355,35	335,48	320,82	357,24

Fonte: Equipe EXTRABES (2014)

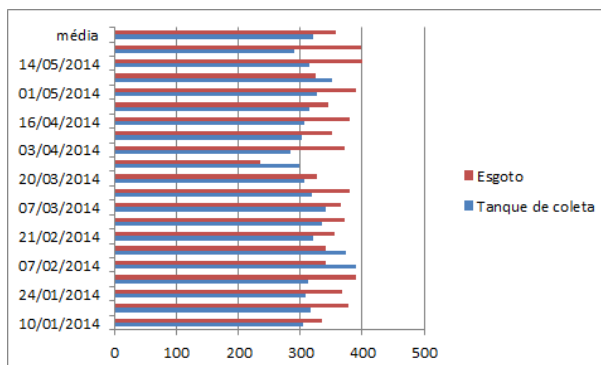
Nas Figuras 7 e 8 são apresentados gráficos com os resultados da Alcalinidade da série de lagoas de estabilização e do esgoto doméstico afluente das lagoas, provenientes da Tabela 6.

Figura 7 – Gráfico da Alcalinidade da Série de Lagoas de estabilização.



Fonte: Própria (2014)

Figura 8 – Gráfico da Alcalinidade do esgoto doméstico e do Tanque de coleta.



Fonte: Própria (2014)

A Alcalinidade é constituída por espécies químicas que poderão contribuir para o tamponamento dos processos biológicos de tratamento de resíduos, evitando variações bruscas do pH. Geralmente as espécies químicas mais presente nas águas residuárias são os íons  $\text{HCO}_3^-$ , carbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) e  $\text{OH}^-$ .

Observa-se ainda, que a Alcalinidade média na entrada era de 468,1153 mgCaCO<sub>3</sub>.L<sup>-1</sup>, passando a 320,817 mgCaCO<sub>3</sub>.L<sup>-1</sup> no tanque de coleta, obtendo eficiência de redução média de 31%.

Tal comportamento pode ser explicado pela atuação das algas presentes nas lagoas de estabilização, que assimilaram o HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, convertendo em CO<sub>2</sub>, utilizado para seu desenvolvimento, e liberando o radical OH<sup>-</sup> para o meio líquido.

Na Tabela 7 são apresentados os dados advindos do processo de monitoramento da série de lagoas de estabilização e do esgoto doméstico afluyente das lagoas.

Tabela 7 - Ácidos Graxos Voláteis do esgoto e de cada lagoa de estabilização.

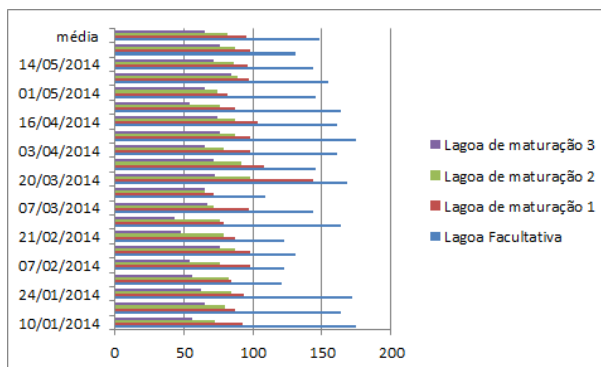
<b>DATA</b>	<b>Lagoa Facultativa</b>	<b>Lagoa de Maturação 1</b>	<b>Lagoa de Maturação 2</b>	<b>Lagoa de Maturação 3</b>	<b>Tanque de Coleta</b>	<b>Esgoto Doméstico Bruto</b>
10/01/2014	174,94	92,94	72,34	55,76	32,64	115,37
17/01/2014	164,01	87,47	79,81	65,6	34,67	110,23
24/01/2014	172,33	93,47	84,32	62,34	33,55	109,34
31/01/2014	120,43	84,32	82,34	55,76	41,78	120,34
07/02/2014	122,46	98,41	76,54	54,67	43,74	120,27
14/02/2014	131,21	98,41	87,47	76,54	54,67	109,34
21/02/2014	122,34	87,32	79,34	47,56	25,08	120,34
28/02/2014	164,01	79,32	76,54	43,74	34,56	113,23
07/03/2014	143,45	97,32	71,23	67,32	39,87	120,34
14/03/2014	109,23	71,45	65,32	64,98	31,23	110,23
20/03/2014	168	144	98,23	72,34	49,87	120,34
27/03/2014	145,34	108,23	91,45	71,23	27,54	125,32
03/04/2014	160,8	98,4	79,2	65,34	41,34	113,45
10/04/2014	174,94	98,41	87,47	76,54	45,67	120,27
16/04/2014	160,8	103,21	87,47	74,4	48,32	113,23
24/04/2014	164,01	87,34	76,32	54,67	35,67	118,67

01/05/2014	145,78	81,23	74,33	65,34	38,45	120,27
09/05/2014	154,23	97,34	89,32	84	47,23	120,27
14/05/2014	143,21	96,45	86,34	72	51,34	118,67
23/05/2014	131,21	98,41	87,47	76,54	42,45	120,27
Média	148,63	95,17	81,64	65,33	39,98	116,99

Fonte: Equipe EXTRABES (2014)

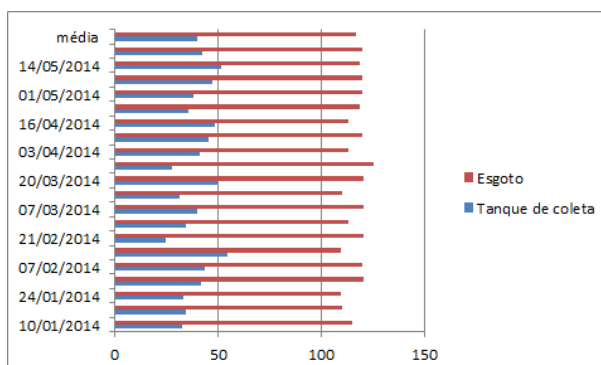
Nas Figuras 9 e 10 são apresentados gráficos com os resultados dos Ácidos Graxos Voláteis da série de lagoas de estabilização e do esgoto doméstico afluente das lagoas, provenientes da Tabela 7.

Figura 9 – Gráfico dos Ácidos Graxos Voláteis da Série de Lagoas de estabilização.



Fonte: Própria (2014)

Figura 10 – Gráfico dos Ácidos Graxos Voláteis do esgoto doméstico e do Tanque de coleta.



Fonte: Própria (2014)



$$\frac{[\text{H}^+][\text{HCO}_3^-]}{\text{H}_2\text{CO}_3} = k_1$$

$$[\text{H}^+] = k_1 \times \frac{[\text{HCO}_3^-]}{\text{H}_2\text{CO}_3}$$

Observa-se que a concentração média do AGV afluente foi de 148,6365 mgHAc.L<sup>-1</sup> e no tanque de coleta de efluente 39,9835 mgHAc.L<sup>-1</sup>, com eficiência média de redução de 73%.

Os Ácidos Graxos Voláteis apresentaram a mesma tendência da Alcalinidade, porém sua redução ao longo das lagoas de estabilização está associada ao aumento do pH, favorecendo a volatilização de alguns ácidos juntamente com Nitrogênio Amoniacal (NH<sub>3</sub>).

Na Tabela 8 são apresentados os dados advindos do processo de monitoramento da série de lagoas de estabilização e do esgoto doméstico afluente das lagoas.

Tabela 8 – Nitrogênio Amoniacal do esgoto e de cada lagoa de estabilização.

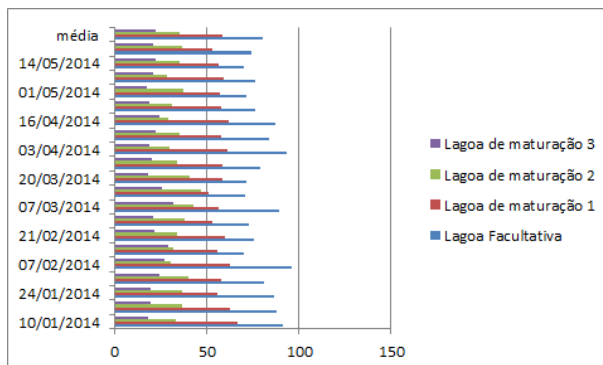
DATA	Lagoa Facultativa	Lagoa de Maturação 1	Lagoa de Maturação 2	Lagoa de Maturação 3	Tanque de Coleta	Esgoto Doméstico Bruto
10/01/2014	91,04	66,62	32,89	18,23	12,7	58,34
17/01/2014	87,99	62,73	36,79	19,34	15,34	56,36
24/01/2014	86,46	55,94	36,79	19,45	13,05	50,52
31/01/2014	81,04	58,15	39,84	24,56	10,34	48,73
07/02/2014	95,78	62,73	30,52	27,36	18,36	44,25
14/02/2014	70,36	55,78	32,05	28,99	19,94	47,31

21/02/2014	75,78	59,84	33,73	21,32	12,76	48,23
28/02/2014	72,73	52,73	38,31	20,78	13,65	54,22
07/03/2014	89,45	56,46	42,73	32,05	17,89	61,04
14/03/2014	70,88	51,23	46,78	25,98	14,21	53,21
20/03/2014	71,23	58,32	40,98	18,34	10,58	50,25
27/03/2014	79,35	58,25	33,73	19,99	11,55	51,88
03/04/2014	93,09	61,2	29,84	18,56	8,17	55,46
10/04/2014	83,93	58,15	35,26	22,21	8,34	59,51
16/04/2014	87,5	62,05	28,99	24,42	8,11	59,51
24/04/2014	76,23	57,99	31,34	18,56	10,32	58,34
01/05/2014	71,23	57,47	37,54	17,55	14,45	48,23
09/05/2014	76,46	58,99	28,31	20,68	8,11	32,05
14/05/2014	70,2	56,62	35,26	22,21	9,16	47,31
23/05/2014	74,09	52,89	36,76	20,68	10,63	48,83
Média	80,24	58,21	35,42	22,06	12,38	51,68

Fonte: Equipe EXTRABES (2014)

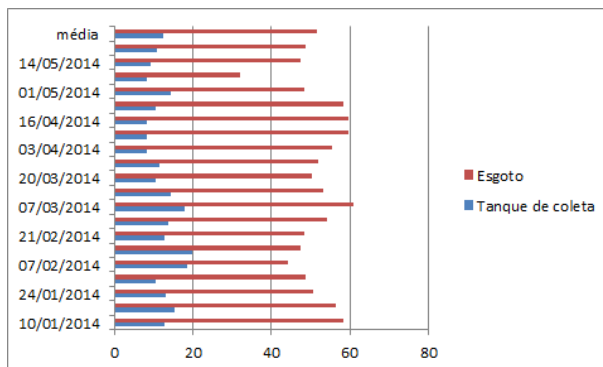
Nas Figuras 11 e 12 são apresentados gráficos com os resultados do Nitrogênio Amoniacal da série de lagoas de estabilização e do esgoto doméstico afluyente das lagoas, provenientes da Tabela 7.

Figura 11 – Gráfico do Nitrogênio Amoniacal da Série de Lagoas de estabilização.



Fonte: Própria (2014)

Figura 12 – Gráfico do Nitrogênio Amoniacal do esgoto doméstico e do Tanque de coleta.



Fonte: Própria (2014)

A concentração de  $\text{NH}_3$  apresentou tendência de decaimento, tendo valor médio afluente de  $80,241 \text{ mgN.L}^{-1}$  passando a produzir efluente final com concentração de  $12,383 \text{ mgN.L}^{-1}$ , com eficiência de remoção de 85%. Esta eficiência está associada ao processo de dessorção, haja vista a elevação do pH e a profundidade das lagoas.

Quanto ao lançamento de efluente em corpos aquáticos, de acordo com o CONAMA 430/2011, o efluente da série de lagoas de estabilização com nitrogênio de  $12,383 \text{ mgN.L}^{-1}$ , encontra-se abaixo do valor adotado como limite máximo estabelecido de nitrogênio amoniacal total que é de  $20,0 \text{ mg N.L}^{-1}$ .

Na Tabela 9 são apresentados os dados advindos do processo de monitoramento da série de lagoas de estabilização e do esgoto doméstico afluente das lagoas.

Tabela 9 – Fósforo total do esgoto e de cada lagoa de estabilização.

DATA	Lagoa Facultativa	Lagoa de Maturação 1	Lagoa de Maturação 2	Lagoa de Maturação 3	Tanque de Coleta	Esgoto Doméstico Bruto
16/01/2014	4,454	4,433	4,102	3,985	4,525	4,649
23/01/2014	3,664	3,431	3,150	3,310	5,271	4,742
30/01/2014	5,160	4,671	4,448	4,036	5,184	5,926
06/02/2014	4,990	4,040	3,534	3,000	5,250	5,880
14/02/2014	4,820	3,408	2,620	1,964	5,315	5,834
20/02/2014	6,193	5,964	5,124	4,246	7,726	7,803
28/02/2014	5,658	5,577	5,187	4,107	6,106	7,174

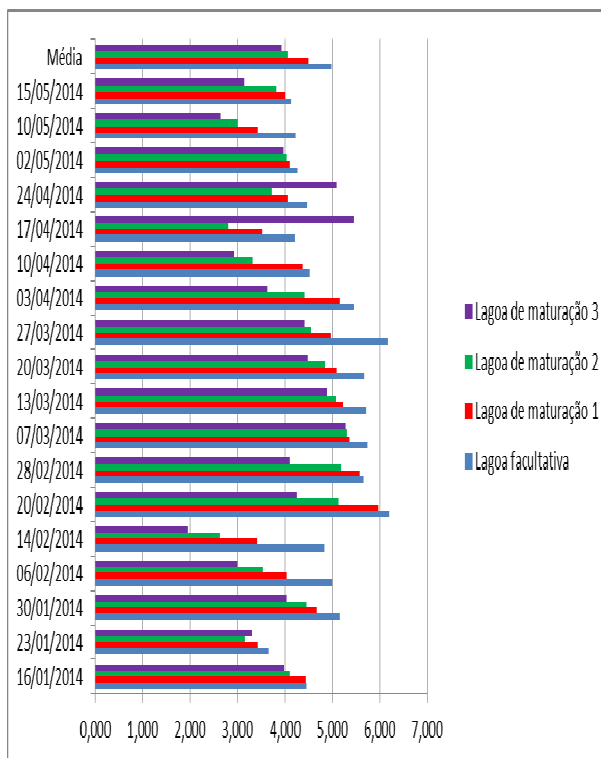


07/03/2014	5,738	5,371	5,312	5,289	6,139	6,565
13/03/2014	5,706	5,228	5,076	4,886	6,158	6,457
20/03/2014	5,674	5,085	4,839	4,483	6,178	6,350
27/03/2014	6,172	4,971	4,554	4,407	6,221	7,337
03/04/2014	5,453	5,161	4,406	3,637	6,912	7,145
10/04/2014	4,524	4,370	3,319	2,934	4,628	6,116
17/04/2014	4,224	3,529	2,808	5,450	4,673	5,705
24/04/2014	4,463	4,069	3,723	5,087	4,593	6,156
02/05/2014	4,252	4,100	4,042	3,961	5,357	5,485
10/05/2014	4,226	3,433	3,006	2,639	3,124	4,535
15/05/2014	4,140	4,010	3,816	3,134	5,081	5,438
Média	4,973	4,492	4,0593	3,919	6,072	5,469

Fonte: Equipe EXTRABES (2014)

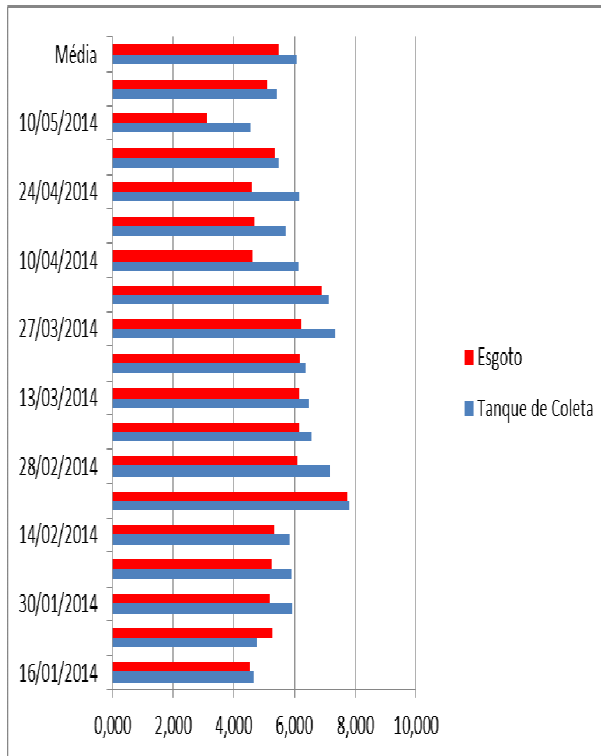
Nas Figuras 13 e 14 são apresentados gráficos com os resultados do Fósforo total da série de lagoas de estabilização e do esgoto doméstico afluente das lagoas, provenientes da Tabela 9.

Figura 13 – Gráfico do Fósforo total da Série de Lagoas de estabilização.



Fonte: Própria (2014)

Figura 14 – Gráfico do Fósforo <sub>total</sub> do esgoto doméstico e do Tanque de coleta.



Fonte: Própria (2014)

Os fosfatos estão sempre presentes nas águas dos esgotos e são de grande importância no estudo dos corpos receptores, pois são nutrientes para microrganismos (principalmente algas), e se descarregados continuamente poderão causar a eutrofização no caso de lagos e águas paradas.

Observou-se que a concentração média de Fósforo na entrada foi de 6,07 mgP.L<sup>-1</sup>, passando a 3,91 mgP.L<sup>-1</sup> na Lagoa de Maturação 3, a partir desses valores pode-se constatar que a série de lagoas de estabilização apresentou eficiência de remoção de 64,41 % de Fósforo.

Na Tabela 10 são apresentados os dados advindos do processo de monitoramento da série de lagoas de estabilização e do esgoto doméstico afluente das lagoas.

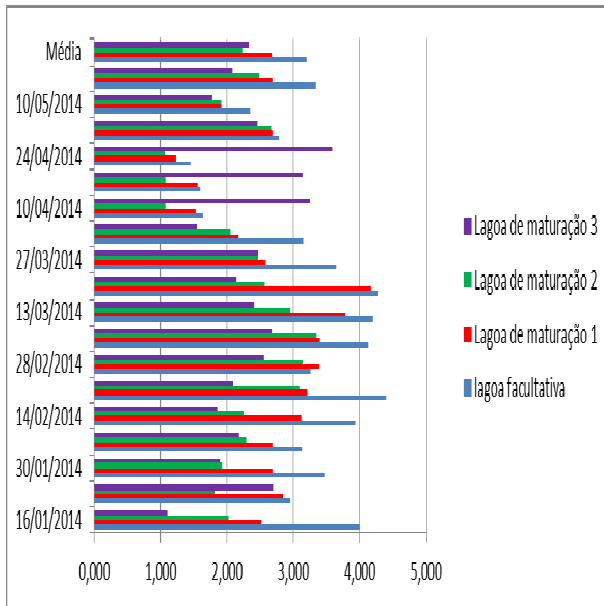
Tabela 10 – Orto-fosfato do esgoto e de cada lagoa de estabilização.

<b>DATA</b>	<b>Lagoa Facultativa</b>	<b>Lagoa de Maturação 1</b>	<b>Lagoa de Maturação 2</b>	<b>Lagoa de Maturação 3</b>	<b>Tanque de Coleta</b>	<b>Esgoto Doméstico Bruto</b>
16/01/2014	3,99	2,516	2,022	1,1	4,624	3,996
23/01/2014	2,954	2,848	1,819	2,697	4,487	3,316
30/01/2014	3,472	2,682	1,921	1,899	4,555	3,656
06/02/2014	3,127	2,684	2,291	2,178	4,328	3,731
14/02/2014	3,933	3,119	2,25	1,851	4,128	3,994
20/02/2014	4,401	3,211	3,088	2,088	5,32	5,115
28/02/2014	3,256	3,391	3,145	2,553	4,502	4,107
07/03/2014	4,126	3,401	3,348	2,676	4,264	4,211
13/03/2014	4,197	3,785	2,957	2,408	4,582	4,348
20/03/2014	4,268	4,169	2,566	2,14	4,9	4,486
27/03/2014	3,65	2,578	2,47	2,47	5,847	4,126
03/04/2014	3,154	2,173	2,054	1,548	4,492	4,284
10/04/2014	1,64	1,526	1,073	3,254	4,073	2,146
17/04/2014	1,595	1,562	1,07	3,136	3,093	2,051
24/04/2014	1,454	1,231	1,063	3,59	3,726	2,002
02/05/2014	2,782	2,686	2,662	2,458	4,1	3,806
10/05/2014	2,352	1,914	1,914	1,771	2,438	2,648
15/05/2014	3,338	2,685	2,489	2,081	3,567	3,371
Média	3,205	2,675	2,233	2,328	4,279	3,632

Fonte: Equipe EXTRABES (2014)

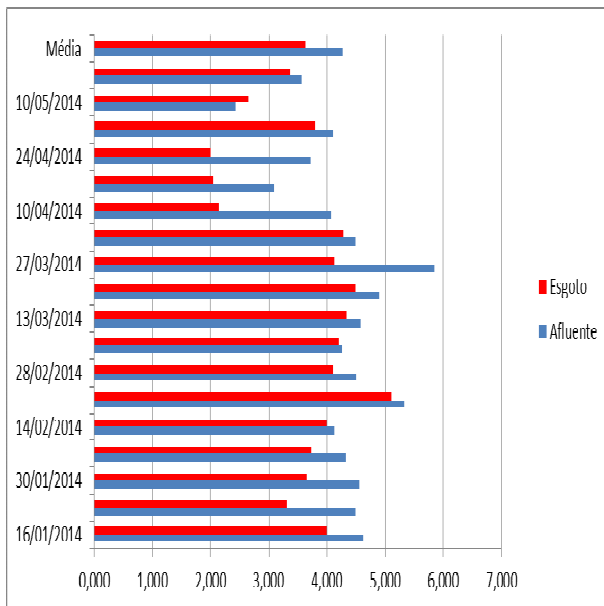
Nas Figuras 15 e 16 são apresentados gráficos com os resultados de Orto-Fosfato da série de lagoas de estabilização e do esgoto doméstico afluente das lagoas, provenientes da Tabela 9.

Figura 15 – Gráfico de Orto-Fosfato da Série de Lagoas de estabilização.



Fonte: Própria (2014)

Figura 16 – Gráfico de Orto-Fosfato do esgoto doméstico e do Tanque de coleta.



Fonte: Própria (2014)

Observou-se que a concentração média de Orto-fosfato na entrada foi de 4,279 mgP.L<sup>-1</sup>, passando a 2,328 mgP.L<sup>-1</sup> na Lagoa de Maturação 3, a partir desses valores pode-se constatar que a série de lagoas de estabilização apresentou eficiência de remoção de 54,33 % de Orto-fosfato.

Na Tabela 11 são apresentados os dados advindos do processo de monitoramento da série de lagoas de estabilização e do esgoto doméstico afluente das lagoas.

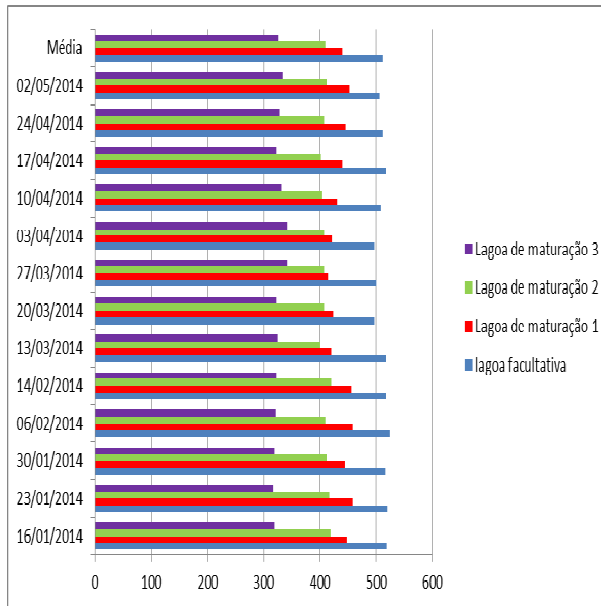
Tabela 11 – DQO *total* do esgoto e de cada lagoa de estabilização.

<b>DATA</b>	<b>Lagoa Facultativa</b>	<b>Lagoa de Maturação 1</b>	<b>Lagoa de Maturação 2</b>	<b>Lagoa de Maturação 3</b>	<b>Tanque de Coleta</b>	<b>Esgoto Doméstico Bruto</b>
16/01/2014	518,16	447,98	419,15	318,16	626,37	538,23
23/01/2014	519,81	457,81	416,14	315,96	624,37	541,46
30/01/2014	515,83	445,02	412,36	318,93	621,34	538,16
06/02/2014	524,22	458,07	409,18	320,41	626,81	539,52
14/02/2014	516,93	455,67	420,02	321,58	617,56	541,72
13/03/2014	517,25	419,73	399,78	324,09	605,14	578,77
20/03/2014	497,36	423,60	407,89	321,48	620,71	520,17
27/03/2014	500,36	414,55	407,03	341,29	678,12	587,78
03/04/2014	497,67	421,34	406,83	341,29	693,43	584,71
10/04/2014	507,51	430,52	404,23	331,42	655,17	563,42
17/04/2014	517,35	439,69	401,63	321,54	616,91	542,12
24/04/2014	511,33	446,35	406,73	327,63	602,35	519,74
02/05/2014	505,30	453,00	411,82	333,71	587,78	497,36
Média	511,47	439,48	409,44	325,96	628,93	545,63

Fonte: Equipe EXTRABES 2014

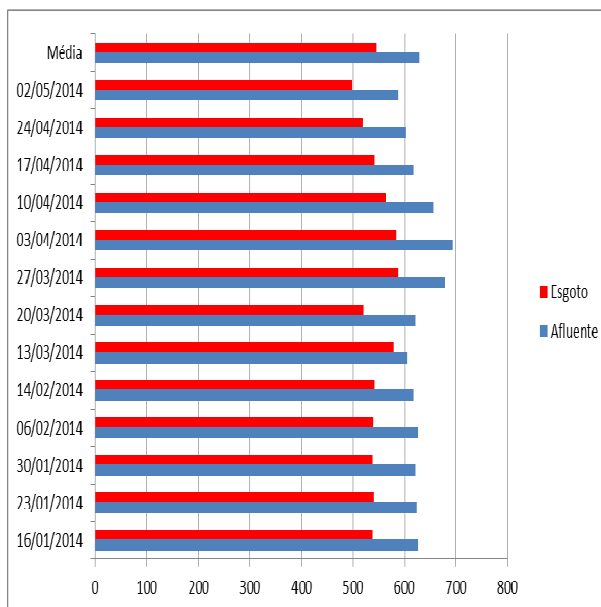
Nas Figuras 17 e 18 são apresentados gráficos com os resultados de DQO *total* da série de lagoas de estabilização e do esgoto doméstico afluente das lagoas, provenientes da Tabela 11.

Figura 17 – Gráfico de DQO<sub>total</sub> da Série de Lagoas de estabilização.



Fonte: Própria (2014)

Figura 18 – Gráfico de DQO<sub>total</sub> do esgoto doméstico e do Tanque de coleta.



Fonte: Própria (2014)

A DQO<sub>total</sub> enquadra-se como um dos parâmetros considerados de fundamental importância para o processo de tratamento biológico de resíduos, haja

vista poder expressar o quantitativo de matéria orgânica passível de bioestabilização.

Observou-se que a concentração média da DQO *total* na entrada foi de 628,92 mgO<sub>2</sub>.L<sup>-1</sup>, passando a 325,96 mgO<sub>2</sub>.L<sup>-1</sup> na LM3, a partir desses valores pode-se constatar que a série de lagoas de estabilização apresentou eficiência de remoção de 51,82 %.

Na Tabela 12 são apresentados os dados advindos do processo de monitoramento da série de lagoas de estabilização e do esgoto doméstico afluyente das lagoas.

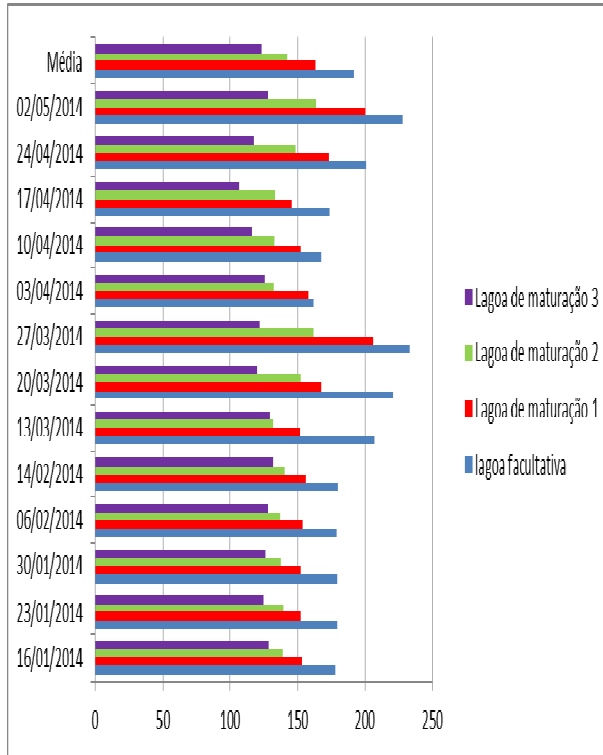
Tabela 12 – DQO *solúvel* do esgoto e de cada lagoa de estabilização.

DATA	Lagoa Facultativa	Lagoa de Maturação 1	Lagoa de Maturação 2	Lagoa de Maturação 3	Tanque de Coleta	Esgoto Doméstico Bruto
16/01/2014	178,16	153,24	138,98	129,03	228,04	Indisponível
23/01/2014	179,42	152,05	139,28	124,73	230,54	Indisponível
30/01/2014	179,38	151,96	137,61	126,25	232,64	Indisponível
06/02/2014	178,98	153,64	137,24	128,14	231,97	Indisponível
14/02/2014	180,15	156,29	140,58	131,73	233,38	Indisponível
13/03/2014	207,12	151,56	131,92	129,07	231,00	222,38
20/03/2014	220,83	167,84	152,09	120,09	275,87	256,01
27/03/2014	233,00	206,00	162,00	122,00	285,00	244,00
03/04/2014	162,00	158,00	132,00	126,00	275,13	163,00
10/04/2014	167,81	151,97	132,68	116,35	280,21	223,22
17/04/2014	173,61	145,95	133,36	106,70	285,29	283,43
24/04/2014	200,86	173,21	148,56	117,41	274,18	258,97
02/05/2014	228,12	200,47	163,76	128,12	263,08	234,51
Média	191,49	163,24	142,31	123,50	255,87	235,69

Fonte: Equipe EXTRABES 2014

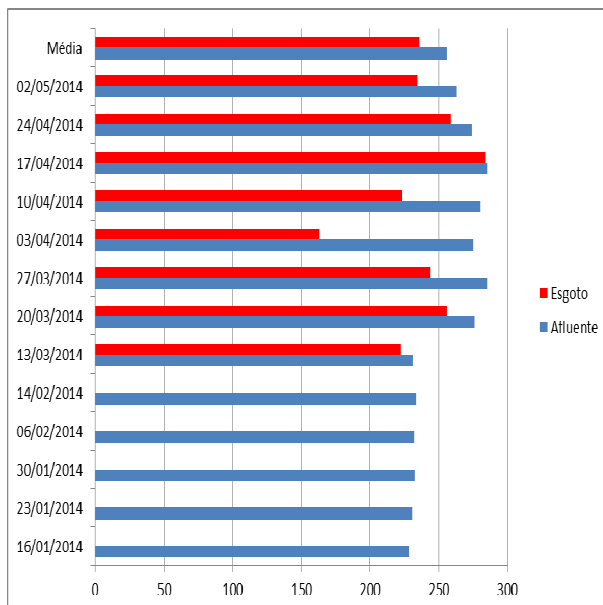
Nas Figuras 19 e 20 são apresentados gráficos com os resultados de DQO *Solúvel* da série de lagoas de estabilização e do esgoto doméstico afluyente das lagoas, proveniente da Tabela 12.

Figura 19 – Gráfico de DQO *Solúvel* da Série de Lagoas de estabilização.



Fonte: Própria (2014)

Figura 20 – Gráfico de DQO *Solúvel* do esgoto doméstico e do Tanque de coleta.



Fonte: Própria (2014)

Com relação aos dados de DQO *Solúvel*, observou-se que o valor médio afluente foi de 255,87 mgO<sub>2</sub>.L<sup>-1</sup>, passando a obter, 123,50 mgO<sub>2</sub>.L<sup>-1</sup> na LM3, a partir



dessa remoção pode-se constatar que a série de lagoas de estabilização apresentou eficiência de remoção de 48,27 %.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os resultados obtidos pode-se observar uma boa eficiência do tratamento de esgoto doméstico e lixiviado de aterro sanitário.

A partir dos resultados obtidos com o sistema de lagoas de estabilização, pode-se destacar a eficiência do tratamento, nos parâmetro analisados, pH ficou em torno de 8,06, eficiência de remoção de 31% de Alcalinidade, 73% de Ácidos Graxos Voláteis - AGV, 85% de Nitrogênio Amoniacal, 64,41 % de Fósforo total, 54,33 % de Orto-fosfato, 51,82 % de Demanda Química de Oxigênio - DQO *total* e 48,27 % de Demanda Química de Oxigênio - DQO *solúvel*.

Todos estes se encontram dentro das condições padrões estabelecidas pelo CONAMA 430/2011, para descarte de efluente de sistema de tratamento de esgoto doméstico em corpos aquáticos.

Portanto, pode-se confirmar que o estudo do tratamento de esgoto doméstico e lixiviado de aterro sanitário, apresentou êxito nos resultados obtidos, visto que estes foram devidamente justificados. Os dados que não se apresentaram equiparados poderão servir de referência para futuros estudos.

## REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9648 – Estudo de concepção de sistemas de esgoto**. Rio de Janeiro: ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1986.

AHMED, N. F., LAN, C. Q.; **Treatment of Landfill Leachate Using Membrane Bioreactors: A Review**, *Desalination*, v. 287, 2012, p. 41–54.

ARTHUR, J. P. **Notes on the desing and operation of waste stabilization ponds in warm climates of developing countries**. Technical Paper no 7. Washington: World Bank, 1983.

ESTAÇÃO EXPERIMENTAL DE TRATAMENTOS BIOLÓGICOS DE ESGOTO SANITÁRIOS - EXTRABES, 2014.

GUO, J. S.; ABBAS, A. A.; CHEN, Y. P.; LIUA, Z. P.; FANG, F.; CHEN, P.; **Treatment of Landfill Leachate Using a Combined Stripping, Fenton, SBR, and Coagulation Process**, *Journal of Hazardous Materials*, vol. 178, n. 1-3, 2010, p 699–705.

IFEANYICHUKWU, M. J.; **New Leachate Treatment Methods**. Master Thesis - Department of Chemical Engineering, Lund University, Sweden, 2008, 77 p.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A.; **Tratamento de esgotos domésticos**, 4º ed., SEGRAC, Rio de Janeiro - RJ, 2005, 932 p.

LANGE, L. C.; AMARAL, M. C. S.; **Geração e Características do Lixiviado**. In: GOMES, L. P. (Coord), *PROSAB 5*, vol 3. – Resíduos Sólidos: Estudo de Caracterização e Tratabilidade de Lixiviados de Aterros Sanitários para as Condições Brasileiras. Rio de Janeiro: ABES, 2009, p. 27 – 56.

MOZAHEB, S. A., GHANEIAN, M. T., GHANIZADEH, G. H., FALLAHZADEH, M.; **Evaluation of the Stabilization Ponds Performance for Municipal Wastewater**

**Treatment in Yazd – Iran**, Middle-East Journal of Scientific Research, v.6, n. 1, 2010, p. 76-82.

NUVOLARI, A. **O lançamento in natura e seus impactos**. In: NUVOLARI, A. (Coord.). Esgoto sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola. São Paulo: E. Blücher, p. 171-208, 2003.

RENOU, S.; GIVAUDAN, J. G.; POULAIN, S.; DIRASSOUYAN, F.; MOULIN, P.; **Landfill Leachate Treatment: Review and Opportunity**, Journal of Hazardous Materials, vol. 150, n. 3, 2008, p. 468–493.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **RESOLUÇÃO Nº 430,(2011)**. 13 de Mai de 2011. Disponível em:<  
<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646> >. Acessado em: 18/08/2014.

VON SPERLING, M. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias**. Vol. 3. **Lagoas de Estabilização**. 2. Ed. Belo Horizonte - MG: DESA-UFMG, 2002, 196 p.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Health guidelines for the use of wastewater in agriculture an aquaculture**. Geneva: World Health Organization. (Technical Reports Series No 778), 1989.