

**136 - AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO: ESTUDO DE CASO NO RESIDENCIAL VIVER MELHOR MARITUBA FINANCIADO PELO PROGRAMA MINHA CASA MINHA VIDA, NO MUNICÍPIO DE MARITUBA-PA.**

**Tatiana Barbosa da Costa<sup>(1)</sup>**

Engenheira Sanitarista pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Coordenadora Geral do Núcleo Gestor de Redução e Controle de Perdas da Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA).

**Flávia da Silva Farias<sup>(2)</sup>**

Engenheira Sanitarista pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Mestre em Hidráulica e Saneamento pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Gerente da Unidade Executiva de Tratamento de Esgoto da Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. Magalhães Barata, 1201 – São Braz – Belém – PA – CEP: 66.060-670 - Brasil - Tel: +55 (91) 3202-8521 - e-mail: tatiana.costa@cosanpa.pa.gov.br.

## RESUMO

A operação e manutenção das Estações de Tratamento de Esgoto – ETE, seja ela compacta ou não, é uma condição prioritária para que o efluente atinja a característica desejada. Este trabalho avaliou o comportamento de uma ETE Compacta do tipo UASB seguido de Filtro Anaeróbio localizada no Residencial Viver Melhor Marituba, financiado pelo Programa Minha Casa Minha Vida, que é uma iniciativa do Governo Federal que oferece condições atrativas para o financiamento de moradias nas áreas urbanas para famílias de baixa renda. O estudo da ETE Viver Melhor Marituba permitiu concluir que o sistema anaeróbio não alcançou a eficiência demonstrada em literatura para o tratamento de esgoto doméstico, no que diz respeito à remoção de matéria orgânica (DBO: 48,6% e DQO: 54,9%). Por isso, recomenda-se que a Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA) continue efetuando monitoramento dos efluentes sanitários e da avaliação da eficiência da ETE Viver Melhor Marituba visando alcançar as faixas de remoção de matéria orgânica definidas na literatura, e ainda, avaliar a possibilidade de utilização do lodo desidratado e seco da ETE, que não seja a disposição em aterro sanitário, agregando valor a esse subproduto do tratamento.

**PALAVRAS-CHAVE:** Estação de Tratamento de Esgoto, Residencial, Programa Minha Casa Minha Vida, Eficiência do Tratamento.

## INTRODUÇÃO

Os tratamentos de efluentes utilizados no Brasil são geralmente compostos de processos primários e secundários quando aplicados ao esgoto urbano para uma posterior disposição final nos sistemas hídricos. Sendo assim, a quantidade e a qualidade do efluente tratado ao longo destes processos requerem atenção e monitoramento periódico a fim de melhorar as condições sanitárias, conservar os recursos naturais, eliminar focos de poluição e contaminação, reduzir doenças causadas pela poluição e de gastos com saúde pública, já que a grande maioria das doenças está relacionada à falta deste tratamento e principalmente as adequações aos parâmetros de normas ambientais vigentes (BARROS et al., 1995).

Para a definição acertada da tecnologia a ser implantada é importante ser avaliado o espaço físico deste empreendimento. Para alguns o fator de espaço físico deve ser considerado, como é nos casos das construções de unidades habitacionais financiados pelo Programa Minha Casa Minha Vida, onde possuem poucos lotes para instalação de equipamentos urbanos, dando condições à implantação de ETE Compacta.

A operação e manutenção das Estações de Tratamento de Esgoto – ETE, seja ela compacta ou não, é uma condição prioritária para que o efluente atinja a característica desejada. Portanto, a ETE deve ter um programa de monitoramento, essenciais para o controle da estação e corpo hídrico que irá receber o efluente tratado.

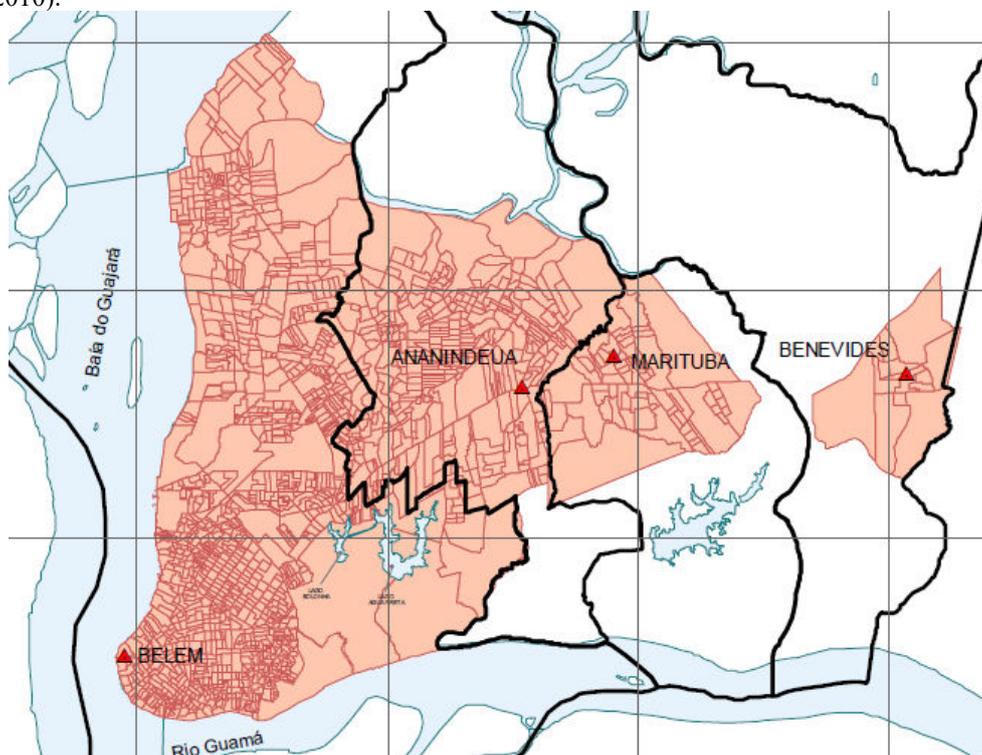
Os reatores UASB têm sido uma tecnologia de tratamento de esgoto doméstico muito utilizada, principalmente em regiões tropicais. Assim é uma tecnologia muito disseminada em países como Brasil, Colômbia e Índia. Isso se deve principalmente às características climáticas e por se tratar de um sistema mais econômico e de simples operação. Além disso, quando comparada com outras formas de tratamento, a digestão anaeróbia é benéfica tendo em vista a menor produção de lodo excedente e a necessidade de áreas menores para sua instalação (CHONG et al., 2012; CHERNICHARO et al., 2015).

No entanto, limitações desse tipo de tratamento são a remoção incompleta de matéria orgânica, organismos patogênicos e nutrientes (CHONG et al., 2012; CASTILLO; CECCHI; MATA-ALVAREZ, 1997). Segundo Van Haandel e Lettinga (1994), o reator UASB é capaz de reduzir cerca de 65 a 80% de material orgânico, porém apresenta pouco efeito na remoção de nitrogênio e fósforo e pode gerar um aumento na concentração de amônia no efluente. Porém, o efluente pode apresentar concentração de DBO acima de 60 mg/L e de sólidos em suspensão variando de 50 a 150 mg/L. A remoção de coliformes termotolerantes é menor que 90% e quase não há remoção de nitrogênio e fósforo.

Sendo assim, é comum a utilização de reator UASB seguido de um pós-tratamento com a finalidade de adequar o efluente aos padrões requeridos pela legislação ambiental e proteger os corpos d'água receptores (CHERNICHARO et al., 2001).

Para a realidade da área limitada pela pesquisa, este trabalho avaliou o comportamento de uma ETE Compacta do tipo UASB seguido de Filtro Anaeróbio localizada no Residencial Viver Melhor Marituba, financiado pelo Programa Minha Casa Minha Vida, que é uma iniciativa do Governo Federal que oferece condições atrativas para o financiamento de moradias nas áreas urbanas para famílias de baixa renda (aproximadamente 0 a 3 salários mínimos), em parceria com estados, municípios, empresas e entidades sem fins lucrativos.

Marituba é uma cidade localizada no Estado do Pará, a cerca de 13 km distante de Belém, da capital do Estado, pela Rodovia Federal BR 316. Faz limite ao Norte e a leste com o Município de Benevides, ao Sul com os Municípios de Acará e Belém, e ao Oeste com Ananindeua, conforme mostra a figura 01. O município tem a maior proporção de moradores em favelas de todo o País. De cerca de 108 mil habitantes, 77,2%, ou em torno de 83,3 mil, moram em invasões. Coincidentemente, Marituba é considerada “cidade dormitório” da capital mais “favelada” do País, Belém onde pouco mais da metade de seus habitantes residem em invasões (IBGE, 2010).



**Figura 01: Localização da área urbana do município de Marituba, Estado do Pará.**

**Fonte: Modificado de COSANPA, 2006.**

Devido ao déficit habitacional do município de Marituba-PA, em 2014 foi iniciado nesta cidade a construção do Residencial Viver Melhor Marituba, localizado na Rod. BR 316, km 15, bairro Total Ville Bella Città, possuindo em sua totalidade 4.000 residências. No dia 24 de fevereiro de 2018 foram entregues 1.700 imóveis para as famílias beneficiadas. As demais entregas foram realizadas gradativamente, onde até dezembro de 2018 já constava de quase 100% de ocupação.

Outro fator relevante em se estimar e avaliar o tratamento se dá devido ao controle da Secretaria do Estado de Meio Ambiente – SEMAS sobre a Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA), no sentido de apurar a qualidade do esgoto tratado em algumas cidades do Pará, que não estariam atendendo as determinações de lançamentos de efluentes, de acordo com a Resolução nº 430/2011 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Sendo assim, a análise da eficiência nos processos efetuados pela ETE Compacta Viver Melhor Marituba, no município de Marituba, se torna relevante para o desenvolvimento de pesquisa e análise dos fatores anteriormente citados e que venham a contribuir com a comunidade científica.

O desenvolvimento desse trabalho contou com o apoio e a participação da Companhia de Saneamento do Pará – COSANPA, que detém a responsabilidade de prestação de serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário no município de Marituba-PA.

## OBJETIVOS

Esta pesquisa tem como o objetivo principal de avaliar a eficiência do tratamento de esgoto da ETE Viver Melhor Marituba, localizada no município de Marituba-PA, através de análises físico-químicas do afluente e efluente em coletas periódicas no ano de 2018, através da eficiência de remoção de DBO, DQO, N (NH<sub>3</sub>), N (NO<sub>3</sub>), Fósforo Total e Coliformes Termotolerantes realizada pelo tratamento da ETE, e ainda, comparar os resultados obtidos em análises experimentais junto aos parâmetros estabelecidos pela legislação de meio ambiente do CONAMA.

## METODOLOGIA UTILIZADA

### Área de Estudo

O trabalho de pesquisa foi realizado na Estação de Tratamento de Esgoto do Residencial Viver Melhor Marituba, localizada na coordenada geográfica 1°21'28.87"S e 48°19'14.15"O, situada na Rod. BR 316, km 15, bairro Total Ville Bella Città, no município de Marituba-PA, conforme mostra a figura 02.



**Figura 02: Localização do Residencial Viver Melhor Marituba.**

Fonte: Google Earth, 2018.

A ETE Compacta Viver Melhor Marituba iniciou suas operações em fevereiro de 2018 e atualmente atende à, aproximadamente, 16.000 habitantes residentes no residencial.

No memorial descritivo do projeto da estação, arquivado na Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA), previa a concepção de sistema composto de tratamento preliminar com gradeamento e caixa de areia, elevatória de esgoto bruto, tratamento secundário por 12 reatores anaeróbios combinado com o pós-tratamento por 08 filtros anaeróbios, e tratamento complementar com 01 tanque de contato para desinfecção.

A capacidade média de tratamento desta estação de tratamento é de  $24,07 \text{ L.s}^{-1}$ . O deságue de lodo é feito através de 10 leitos de secagem. O efluente tratado é destinado ao corpo hídrico denominado rio Mocajutuba. A figura 03 mostra *lay out* geral da ETE Viver Melhor Marituba, onde é possível verificar os locais das etapas em que ocorre o processo de tratamento, podendo também visualizar a localização dos pontos de coleta 1 (entrada) e 2 (saída).

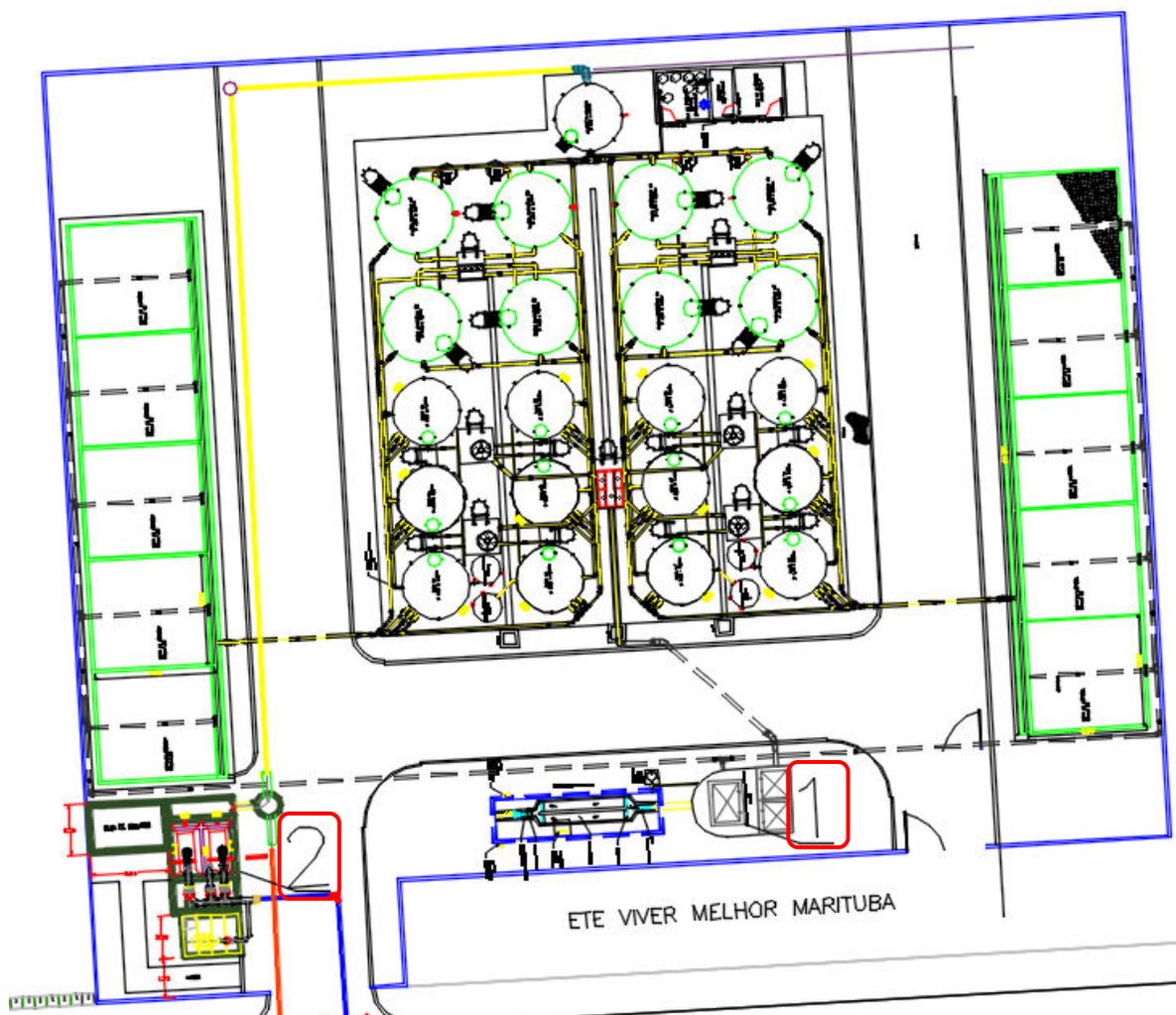


Figura 03: *Lay out* geral da ETE Viver Melhor Marituba e os pontos de coleta 1 e 2.

Fonte: Autoras, 2019.

Nas figuras 04 e 05 pode-se identificar fotos da ETE Viver Melhor Marituba, onde é possível verificar a área geral da estação e os reatores anaeróbios seguidos dos filtros anaeróbios.



**Figura 04 – Foto geral da ETE Viver Melhor Marituba.**



**Figura 05 – Fotos reatores anaeróbios seguidos dos filtros anaeróbios da ETE Viver Melhor Marituba.**

### **Amostragem**

A avaliação será realizada por meio de informações do projeto da Estação de Tratamento de Esgoto apresentado pela construtora à Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA), assim como os relatórios de monitoramento dos efluentes da ETE no início da operação (março de 2018) até o mês de outubro de 2018.

Para a realização do trabalho foram selecionados dois pontos de amostragens dentro da Estação de Tratamento Viver Melhor Marituba. O ponto de coleta 1 está localizado no poço de sucção de esgoto bruto, logo após o tratamento preliminar e foi escolhido para avaliação do esgoto bruto (EB) que chega até a ETE, servindo de ponto inicial para a avaliação de eficiência.

O ponto de coleta 2, localizado no poço de sucção do efluente tratado, logo após a saída do tanque de contato para desinfecção, e foi escolhido para a avaliação da qualidade do esgoto tratado, bem como servirá de parâmetro final para a avaliação da eficiência do sistema de tratamento.

Na figura 06 pode-se identificar fotos da área da ETE Viver Melhor Marituba, onde é possível visualizar a localização dos pontos de coleta 1 (entrada) e 2 (saída).



**Figura 06 – Fotos da localização dos pontos de coleta 1 (entrada) e 2 (saída) da ETE Viver Melhor Marituba.**

As amostras foram coletadas em baldes específicos de coleta e transferidas diretamente para frascos de polietileno. As coletas foram realizadas por pelo menos duas pessoas, sendo uma responsável pela coleta e outra pela manipulação dos materiais destinados a receber a amostra. Os frascos contendo as amostras foram ensacados e armazenados em caixa de isopor preenchida com gelo. As mesmas foram mantidas resfriadas durante todo o trabalho de campo para minimizar a atividade biológica, principalmente para avaliação de DBO<sub>5</sub>.

As duas coletas foram realizadas mensalmente, com início no mês de março de 2018. As amostragens dos dois pontos se deram no mesmo dia, tendo duração total de 1 (uma) hora. Em cada ponto foram utilizados 2 (dois) frascos com capacidade de 2 (dois) litros cada.

#### **Metodologia de Análise**

As atividades de laboratório envolveram as determinações das seguintes variáveis: pH, demanda bioquímica de oxigênio (DBO 5 dias), demanda química de oxigênio (DQO), fósforo total (FT), nitrogênio amoniacal (NH<sub>3</sub>), nitrato (NO<sub>3</sub>), sólidos suspensos totais (SST), turbidez e coliformes termotolerantes. As análises foram efetuadas pelo Laboratório Multianálises Ltda. As análises ficaram distribuídas conforme a tabela 01.

**Tabela 01: Variáveis analisadas pelo laboratório e a metodologia utilizada.**

<b>Variável</b>	<b>Método</b>	<b>Laboratório</b>
DBO <sub>5</sub> 20°C	Incubação por 5 dias	Multianálises Ltda
DQO	Digestão Ácido/Espectrofotometria	Multianálises Ltda
Fósforo Total (FT)	Espectrofotometria	Multianálises Ltda
Nitrogênio Amoniacal (NH <sub>3</sub> )	Espectrofotometria	Multianálises Ltda
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	Espectrofotometria	Multianálises Ltda
Sólidos Suspensos Totais (SST)	Espectrofotometria	Multianálises Ltda
Turbidez	Espectrofotometria	Multianálises Ltda
Coliformes Termotolerantes	Número Mais Provável – NMP/100 mL	Multianálises Ltda

Na comparação e verificação de resultados utilizaram-se valores típicos registrados em literatura técnica e padrões determinados nas legislações vigentes de lançamento de efluentes sanitários.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A composição do efluente e suas respectivas concentrações na amostra é função de diversos fatores, tais como: horário de realização da coleta, índice de chuvas ou estiagem, rede de esgotos industriais ligados clandestinamente ao sistema coletor e presença de constituintes diversos. Outro fator relevante e que pode vir a alterar o sistema é, por exemplo, o funcionamento do reator anaeróbio, onde características como temperatura, presença de compostos tóxicos, tempo de detenção hídrica (TDH) no reator, velocidade ascensional do fluxo e pH do afluente inadequado bem como possíveis falhas mecânicas podem vir a influenciar na eficiência do processo de tratamento biológico presente no reator (OLIVEIRA; VON SPERLING, 2005b; SILVA et al., 2007). Esses quesitos afetam diretamente o processo de tratamento e são causa fundamental de oscilações nos valores dos padrões físico-químicos de análise.

A Resolução nº 430/2011 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estabelece para o parâmetro de DBO os seguintes padrões de lançamento:

- concentração até 60 mg/L; ou
- tratamento com eficiência de redução de DBO em no mínimo 60% e média anual igual ou superior a 70% para sistemas de esgotos sanitários.

A tabela 02 apresenta os resultados da concentração de DBO e DQO do afluente e do efluente às unidades da ETE Viver Melhor Marituba e da eficiência de remoção, cobrindo o período de monitoramento.

**Tabela 02: Resultados obtidos da ETE monitorada na pesquisa.**

Mês de Amostragem	DBO (mg/L)			DQO (mg/L)		
	Efluente Bruto	Efluente Tratado	Eficiência do Tratamento (%)	Efluente Bruto	Efluente Tratado	Eficiência do Tratamento (%)
Abril/18	97,70	59,00	39,61%	117,12	55,99	52,19%
Mai/18	99,00	49,00	50,51%	109,31	52,50	51,97%
Junho/18	91,70	45,00	50,93%	120,01	51,10	57,42%
Julho/18	97,70	45,00	53,94%	126,00	51,50	59,13%
Agosto/18	90,90	44,00	51,60%	110,10	51,40	53,32%
Setembro/18	92,90	52,30	43,70%	110,22	51,10	53,64%
Outubro/18	90,00	45,10	49,89%	120,00	52,10	56,58%

São valores típicos de concentração de DBO no esgoto bruto 100 a 400 mg/L (VON SPERLING, 2005; JORDÃO & PESSÔA, 2014). Na ETE Viver Melhor Marituba, a faixa de variação desse parâmetro foi de 90 a 99 mg/L, indicando se tratar de um esgoto com concentração mais fraca.

A faixa de valores típicos de concentração de DQO no esgoto bruto é de 250 a 1000 mg/L (VON SPERLING, 2005; JORDÃO & PESSÔA, 2014). Na ETE estudada, a faixa de variação desse parâmetro foi de 109 a 126 mg/L, indicando se tratar de esgoto de concentração diluída.

Dessa tabela pode-se observar que a eficiência média do sistema para remoção de DBO foi de 48,60% e para remoção de DQO foi de 54,89%, bem inferior à faixa indicada por Von Sperling (2005) que considera para sistema de tratamento tipo Reator UASB+Filtro Anaeróbio uma faixa de 75-87 % de eficiência média de remoção de DBO e uma faixa de 70-80% de eficiência média de remoção de DQO. Estes resultados apontam que a estação de tratamento de esgoto ainda não conseguiu alcançar a estabilização do processo quanto à remoção de matéria orgânica. Vale destacar que a ETE entrou em operação no final do mês de fevereiro de 2018, quando da entrega dos imóveis aos beneficiários do Programa Minha Casa Minha Vida.

As figuras 07 e 08 apresentam as séries temporais das concentrações de DBO e DQO, respectivamente, assim como as eficiências de remoção ao longo do período estudado.

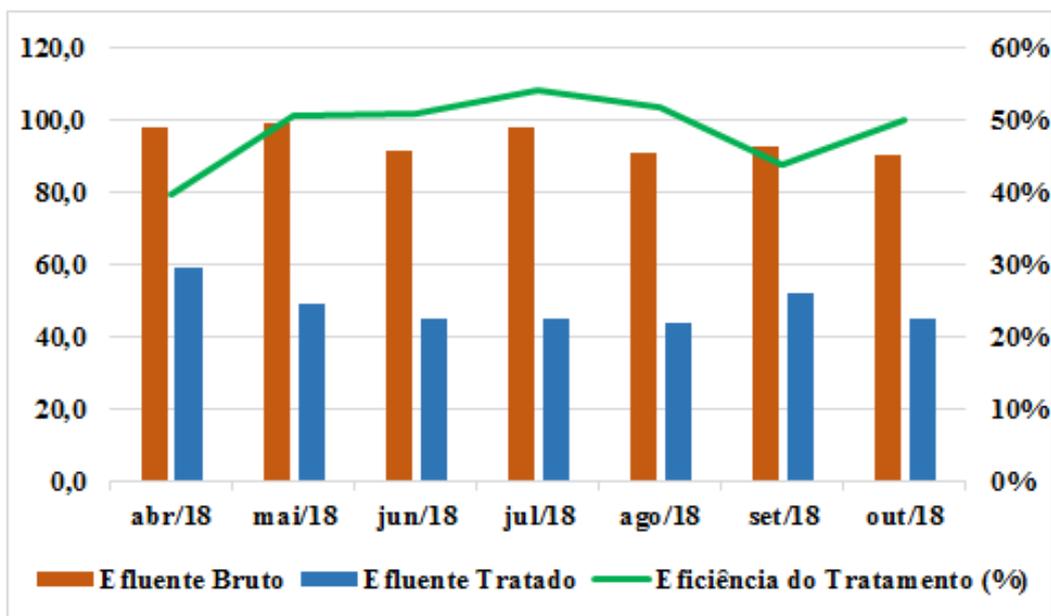


Figura 07 – Séries temporais das concentrações de DBO (mg/L) do afluente e efluente e da eficiência de remoção (%) da ETE Viver Melhor Marituba.

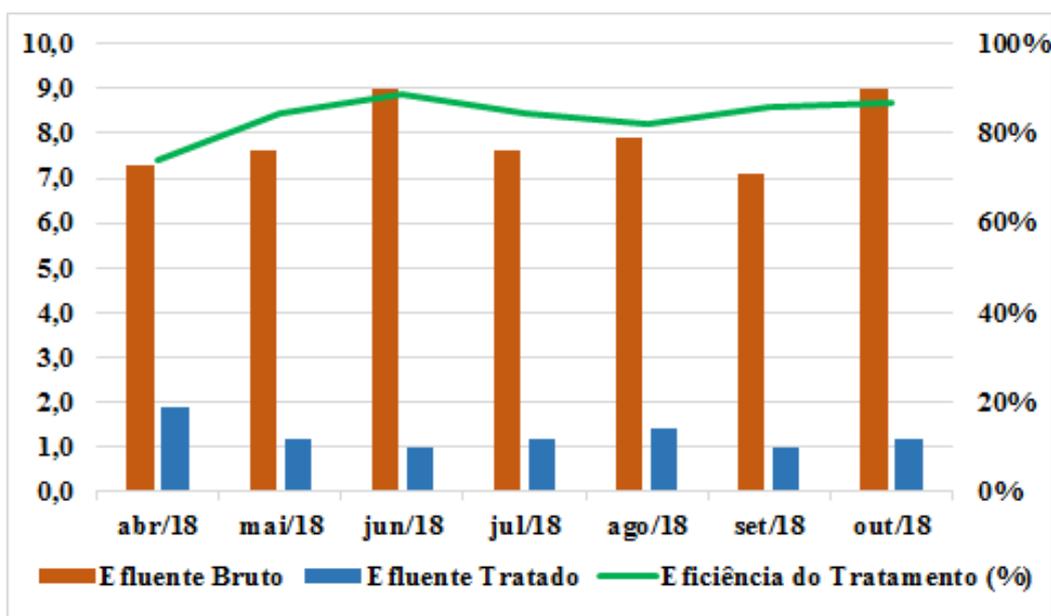


Figura 08 – Séries temporais das concentrações de DQO (mg/L) do afluente e efluente e da eficiência de remoção (%) da ETE Viver Melhor Marituba.

Pode-se verificar, pela figura 7 eficiência de remoção de DBO foi incapaz de atender à Resolução nº 430/2011 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) em todo o período de monitoramento quando ao percentual de remoção mínima de 60% de DBO, mas todas as amostras analisadas obtiveram concentração do efluente tratado menor que 120 mg/L, limite de concentração estipulado na mesma resolução, ou seja, quando se analisa a qualidade do efluente final, tem-se que a legislação foi atendida quando da concentração final do efluente.

Ainda pela figura 7, tem-se que os requisitos de eficiência constantes da legislação foram plenamente atendidos pelo sistema UASB+Filtro Anaeróbio, com concentrações abaixo do padrão de lançamento para DBO (120 mg/L) em todo do período de monitoramento.

Foram analisados, no presente trabalho, o nitrogênio nas seguintes formas: nitrogênio amoniacal e nitrato. A tabela 03 apresenta os resultados da concentração de Nitrogênio Amoniacal (NH<sub>4</sub>) e Nitrato (NO<sub>3</sub>) do afluente e do efluente às unidades da ETE Viver Melhor Marituba e da eficiência de remoção, cobrindo o período de monitoramento.

**Tabela 03: Resultados obtidos da ETE monitorada na pesquisa.**

Mês de Amostragem	Nitrato – NO <sub>3</sub> (mg/L)			Nitrogênio Amoniacal – NH <sub>4</sub> (mg/L)		
	Efluente Bruto	Efluente Tratado	Eficiência do Tratamento (%)	Efluente Bruto	Efluente Tratado	Eficiência do Tratamento (%)
Abril/18	7,30	1,90	73,97%	23,30	2,33	90,00%
Mai/18	7,60	1,20	84,21%	26,20	2,27	91,34%
Junho/18	9,00	1,00	88,89%	20,90	2,20	89,47%
Julho/18	7,60	1,20	84,21%	26,20	2,27	91,34%
Agosto/18	7,90	1,40	82,28%	20,90	2,40	88,52%
Setembro/18	7,10	1,00	85,92%	22,70	2,00	91,19%
Outubro/18	9,00	1,20	86,67%	20,00	2,21	88,95%

São valores típicos de concentração de nitrogênio amoniacal e nitrato no esgoto bruto, respectivamente, 10 a 50 mg/L e 0 a 2 mg/L (VON SPERLING, 2005; JORDÃO & PESSÔA, 2014). Na ETE Viver Melhor Marituba, os valores estão próximos às faixas da literatura, com indicação de amonificação expressiva na rede de coletora e tratamento preliminar, assim como a reação de desnitrificação na estação de tratamento do residencial.

Considerando que a tecnologia da estação de tratamento estudada utiliza reação anaeróbia e tanque de contato para desinfecção com cloro gasoso, de acordo com a tabela 03, tem-se que uma redução significativa de nitrogênio amoniacal, sendo a concentração média residual no efluente tratado de 2,24 mg/L de nitrogênio amoniacal. Uma das reações mais importantes do cloro em água ocorre na presença de amônia formando as cloraminas (mono, di e tricloraminas) que possuem muito baixo poder desinfetante quando comparado ao do ácido hipocloroso, mas em contrapartida mais estáveis que este sendo, portanto, vantajoso a formação destes compostos em alguns casos práticos, gerando o que os técnicos chamam de demanda de cloro, e assim ocasiona a diminuição do nitrogênio amoniacal.

Nos resultados alcançados observa-se que a concentração média de Nitrato (NO<sub>3</sub>) do afluente é de 7,9 mg/L, indicação de nitrificação expressiva na rede de coletora e tratamento preliminar. Já a concentração média de Nitrato (NO<sub>3</sub>) do efluente tratado é de 1,3 mg/L identificando assim como a reação de desnitrificação na estação de tratamento do residencial facilitado pela presença de fonte de carbono para as bactérias desnitrificantes.

As séries temporais da concentração e eficiência de remoção do nitrogênio amoniacal e nitrato durante o período de monitoramento são apresentadas no gráfico das figuras 09 e 10, respectivamente. Pelo gráfico, é possível observar que fase anaeróbia e cloração do sistema, contribuíram para a redução da concentração desses parâmetros no efluente.

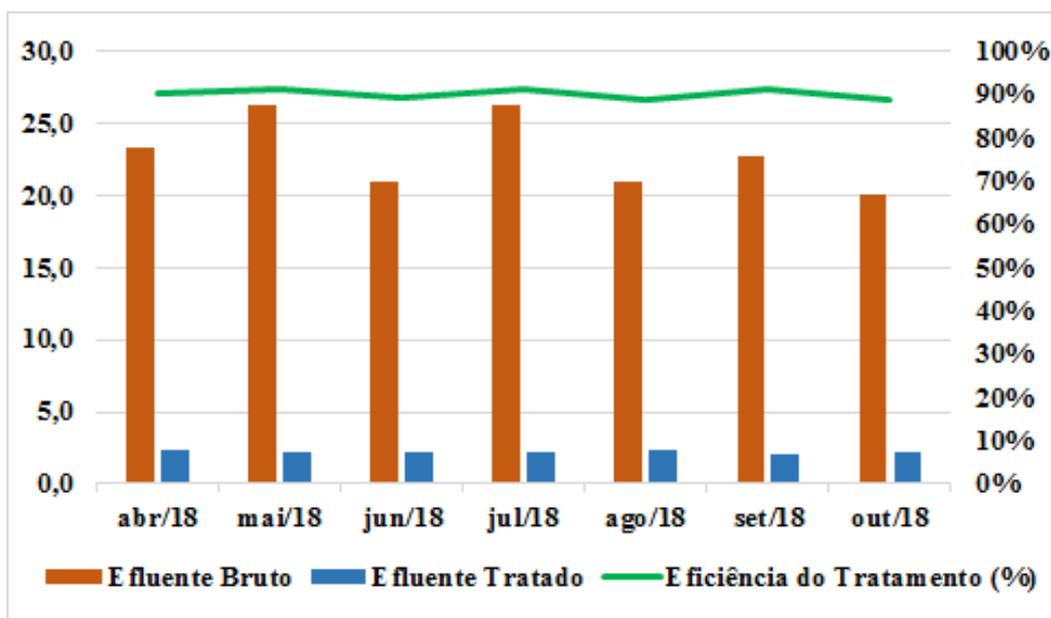


Figura 09 – Séries temporais das concentrações de Nitrogênio Amoniacal (mg/L) do afluente e efluente e da eficiência de remoção (%) da ETE Viver Melhor Marituba.

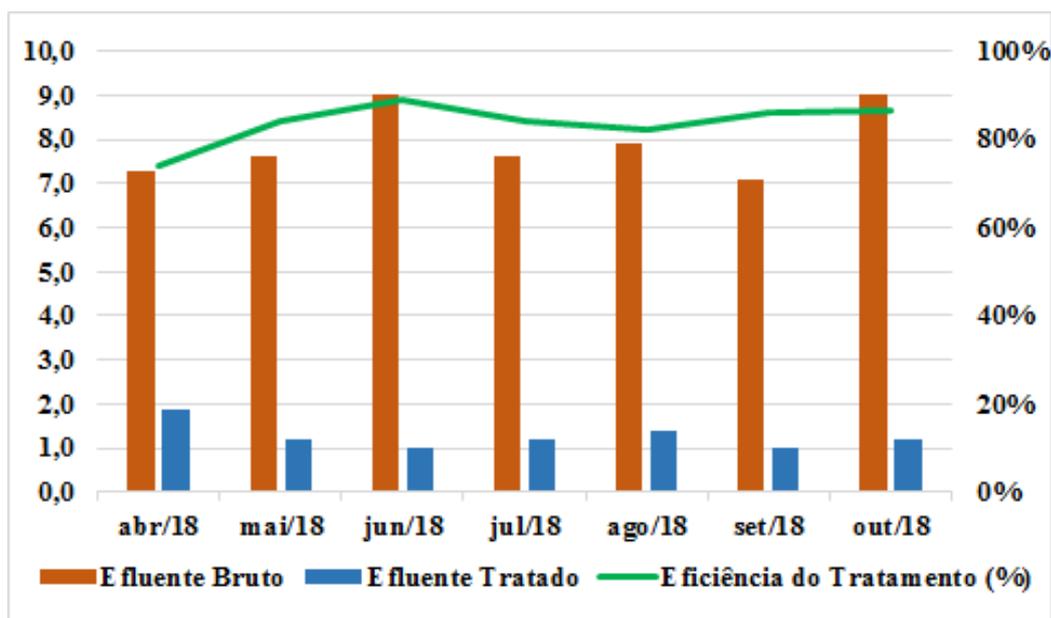
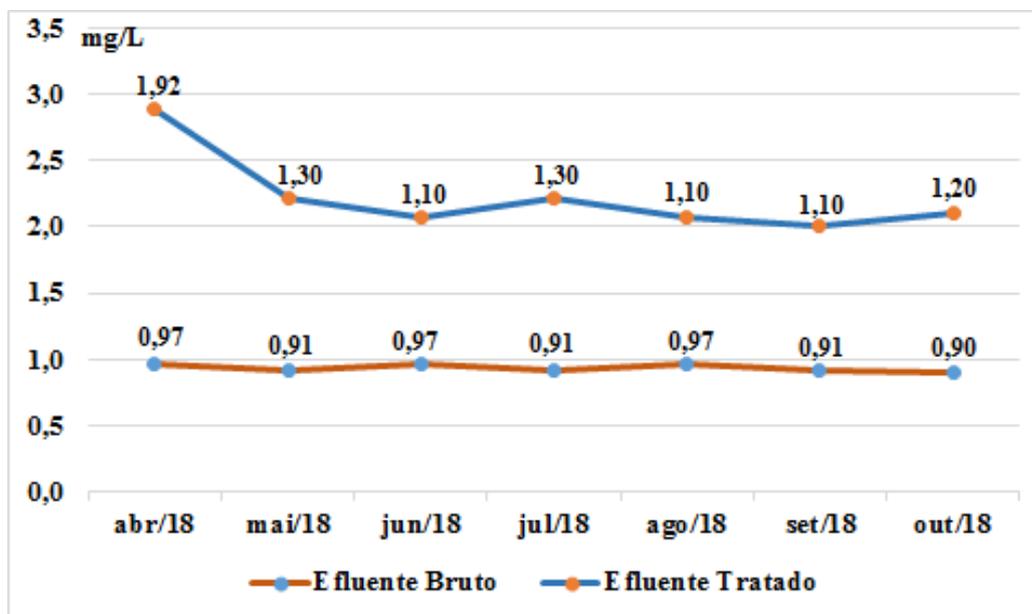


Figura 10 – Séries temporais das concentrações de Nitrato (mg/L) do afluente e efluente e da eficiência de remoção (%) da ETE Viver Melhor Marituba.

Na figura 09 observa-se que todas as amostras do período de monitoramento a concentração do efluente final para nitrogênio amoniacal ( $\text{NH}_4$ ) esteve abaixo de 20 mg/L (valor exigido pela Resolução nº 430/2011 do CONAMA para o lançamento de esgoto doméstico). Como esperado, a remoção desse constituinte apresenta uma eficiência mediana de 90%. Esse resultado indica um bom desempenho da estação quanto à remoção da amônia. Isso era esperado, tendo em vista que em seu dimensionamento foi considerada a remoção desse constituinte, uma vez que o nitrogênio, nessa forma, pode prejudicar a qualidade do corpo receptor.

Na figura 10 é identificado que a concentração de nitrato no efluente final foi um pouco variável, porém também alcançou elevado percentual de remoção com média de 84% no período de monitoramento.

As séries temporais da concentração de remoção do fósforo total durante o período de monitoramento são apresentadas no gráfico da figura 11. São valores típicos de concentração de fósforo total no esgoto bruto de 5 a 20 mg/L (VON SPERLING, 2005; JORDÃO & PESSÔA, 2014). A faixa de variação desse parâmetro, na ETE Viver Melhor Marituba, foi de 0,90 a 0,97 mg/L, indicando se tratar de esgoto mais fraco.



**Figura 11 – Séries temporais das concentrações de Fósforo Total (mg/L) do afluente e efluente da ETE Viver Melhor Marituba.**

Pela figura, observa-se que a concentração de fósforo total ao longo das unidades de tratamento sofreu um acréscimo, a concentração média do efluente final ficou em 1,29 mg/L.

Através da análise dos resultados confirmou-se a remoção ineficiente das formas de fósforo. Este tipo de sistema de tratamento (Reator UASB + Filtro Anaeróbio) não foi desenvolvido para a remoção desse tipo de nutrientes.

A avaliação da qualidade biológica do efluente da ETE Viver Melhor Marituba foi feita por meio da análise dos dados de monitoramento da concentração, em NMP/100mL, de Coliformes Termotolerantes. A legislação ambiental não estabelece um padrão de lançamento de efluente; porém ele não pode alterar as características do corpo receptor, de acordo com a classe desse.

A tabela 04 apresenta os resultados da concentração de Coliformes Termotolerantes do afluente e do efluente da ETE estudada e da eficiência de remoção.

**Tabela 04: Resultados obtidos da ETE monitorada na pesquisa.**

Mês de Amostragem	Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml)		
	Efluente Bruto	Efluente Tratado	Eficiência do Tratamento (%)
Abril/18	1700	2,70	99,84%
Maio/18	1600	2,00	99,88%
Junho/18	1600	6,60	99,59%
Julho/18	1600	2,00	99,88%
Agosto/18	1100	6,10	99,45%
Setembro/18	1900	2,20	99,88%
Outubro/18	1900	6,90	99,64%

Em todas as amostras, ao longo do período de monitoramento, a eficiência do sistema foi maior que 99%, ou seja, maior que 3 unidades logarítmicas, estando acima dos valores encontrados na literatura, de 2 unidades logarítmicas. Logo, o tanque de contato utilizado para aplicação do cloro gasoso apresenta um bom desempenho ao se levar em conta o tipo de tratamento existente.

Já os valores de pH se mantiveram na faixa de 5,10 a 5,60, ou seja, de neutralidade e de acordo com a legislação vigente (Resolução nº 430/2011 do CONAMA).

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O objetivo geral deste trabalho foi de avaliar, em escala real, o desempenho de um sistema de tratamento de esgoto doméstico composto por reator UASB seguido de filtro anaeróbio e tanque de contato para desinfecção que foi construído para atender o Residencial Viver Melhor Marituba financiado pelo Programa Minha Casa Minha Vida. O estudo da ETE Viver Melhor Marituba permitiu obter as seguintes conclusões:

- O sistema composto por reator UASB seguido por filtro anaeróbio não alcançou a eficiência demonstrada em literatura para o tratamento de esgoto doméstico, no que diz respeito à remoção de matéria orgânica (DBO: 48,6% e DQO: 54,9%).
- O sistema composto por processo anaeróbio alcançou uma eficiência bastante significativa, no que diz respeito à remoção de nitrogênio amoniacal e nitrato ( $\text{NH}_4$ : 90% e  $\text{NO}_3$ : 84%, com indicação de amonificação expressiva na rede de coletora e tratamento preliminar, assim como a reação de desnitrificação na estação de tratamento do residencial).
- O afluente à ETE Viver Melhor Marituba apresentou características de esgoto mais fraco, resultado da etapalização da entrega dos imóveis aos beneficiados, de uma maior vazão de infiltração de águas pluviais no sistema (justificada pela entrega da obra e assim início de operação do sistema de esgotamento sanitário).
- Durante o monitoramento da remoção de fósforo total (P) em escala real, observou-se uma liberação de P no sistema de tratamento durante a etapa anaeróbia, verificado através do acréscimo de concentração de fósforo total no efluente final. De acordo com a produção de lodo no processo de remoção, seria possível associar a liberação do fósforo a um colapso do reator UASB, que começaria a perder por arraste a manta de lodo formada.

Com isso, avalia-se ser necessário um estudo mais aprofundado do corpo receptor visando levantar a biota aquática e as consequências que os teores dos parâmetros de nitrogênio amoniacal, nitrato e fósforo total possam vir a acarretar à vida aquática no rio Mocajutuba. Assim como, efetuar maiores estudos, em escala real, quanto à recirculação do lodo no UASB, permitindo a exclusão de mais uma unidade do sistema (biodigestor), facilitando a operação da ETE.

Recomenda-se também que a Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA) continue efetuando monitoramento dos efluentes sanitários e da avaliação da eficiência da ETE Viver Melhor Marituba visando alcançar as faixas de remoção de matéria orgânica definidas na literatura, e ainda, avaliar a possibilidade de utilização do lodo desidratado e seco da ETE, que não seja a disposição em aterro sanitário, agregando valor a esse subproduto do tratamento.

## AGRADECIMENTOS

À Companhia de Saneamento do Pará - COSANPA pelo fornecimento de dados para desenvolvimento deste trabalho científico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BARROS, R. T. V.; CASTRO, A. A.; CHERNICHARO, C. A. L.; VON SPERLING, E.; HELLER, L.; VON SPERLING, M. Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios: saneamento. 1 ed. Belo Horizonte: UFMG, 1995.
2. CASTILLO, A.; CECCHI, F.; MATA-ALVAREZ, J. A *combined anaerobic-aerobic system to treat domestic sewage in coastal areas*. *Water Research*, v.31, n.12, p. 3057-3063, 1997.

3. CHERNICHARO, C. A. L.; HAANDEL, A. C. VAN; FORESTI, E.; CYBIS, L. F. Introdução. p.19-34. In: CHERNICHARO, C. A. L. (coord.) Pós-Tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios. Belo Horizonte: Projeto PROSAB, 2001. 544p.
4. CHERNICHARO, C.A.L. *et al.* *Anaerobic sewage tretment: State of the art, constraints and chellenges. Environmental Science and Bio/Technology*, p. 1-31, 2015.
5. CHONG, S. *et al.* *The performance enhancements of upflow anerobic sludge blanket (UASB) reactors for domestic sludge treatment – A State of the art review. Water Research*, v. 46, n.11, p. 3434-3470. 2012.
6. COMPANHIA DE HABITAÇÃO DO ESTADO DO PARÁ – COHAB. Entrega de Chaves do Viver Melhor Marituba. Pará: 2018. Disponível em: <<http://www.cohab.pa.gov.br/artigos/entrega-de-chaves-do-viver-melhor-marituba-ser%C3%A1-neste-s%C3%A1bado-17>>. Acesso em: 27/04/2019.
7. COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARÁ - COSANPA. Plano Diretor do Sistema de Abastecimento de Água da Região Metropolitana de Belém. Vol III/V. 2006. 71 p.
8. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE - CONAMA. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005. Diário Oficial da união, Brasília, 16 maio. 2011.
9. HAANDEL A. V.; LETTINGA, G. Tratamento anaeróbio de esgotos - um manual para regiões de clima quente. Campina Grande; Guerreiro e Catunda, 1994.
10. INSTITUTO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Panorama das Cidades. Brasil. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/marituba/panorama>>. Acesso em: 25/04/2019.
11. JORDÃO, E.P.; PESSÔA, C.A. Tratamento de esgotos domésticos. 7ª edição. Rio de Janeiro, 2014. 1050p.
12. OLIVEIRA, S. M. A. C.; VON SPERLING, Marcos. Avaliação de 166 ETEs em operação no país, compreendendo diversas tecnologias. Parte 2: Influência dos fatores de projeto e operação. Engenharia Sanitária e Ambiental., Rio de Janeiro, v. 10, n. 4, p.358-368, out./dez. 2005b.
13. SILVA, M. E. R. *et al.* Pós-tratamento de efluentes provenientes de reatores anaeróbios tratando esgotos sanitários por coagulantes naturais e não-naturais. *Rev. Tecnol. Fortaleza*, v. 28, n. 2, p. 178-190, dez. 2007.
14. VON SPERLING, M. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias – Volume 1: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3ª edição. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005. 452 p