

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA RURAL

GRAZIELLE BARBOSA DO VALE

**EFICIÊNCIA DO PROCESSO DE TRATAMENTO PRIMÁRIO DE EFLUENTE
DOMÉSTICOS COM O USO DA PRENSA PARAFUSO (SCREW PRESS)**

Recife-PE
2018

EFICIÊNCIA DO PROCESSO DE TRATAMENTO PRIMÁRIO DE EFLUENTE DOMÉSTICOS COM O USO DA PRENSA PARAFUSO (SCREW PRESS)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Romildo Morant de Holanda

Recife-PE

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

V149e Vale, Grazielle Barbosa do
Eficiência do processo de tratamento primário de efluente domésticos com o uso da prensa parafuso (screw press) / Grazielle Barbosa do Vale. – 2018.
79 f. : il.

Orientador : Romildo Morant de Holanda.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Recife, BR-PE, 2017.
Inclui referências e apêndice.

1. Águas residuais - Purificação 2. Lodo residual 3. Esgotos 5. Engenharia sanitária I. Holanda, Romildo Morant de, orient. II. Título

CDD 620.8

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA RURAL

**EFICIÊNCIA DO PROCESSO DE TRATAMENTO PRIMÁRIO DE EFLUENTE
DOMÉSTICOS COM O USO DA PRENSA PARAFUSO (SCREW PRESS)**

Grazielle Barbosa do Vale

APROVADO EM: 28 DE AGOSTO DE 2018

Profa. Dra. Rosângela Gomes Tavares
Membro Externo

Prof. Dr. Vicente de Paulo Silva
Membro Interno - PPEAMB

Prof. Dr. Romildo Morant de Holanda – UFRPE
Orientador - PPEAMB

Prof. Dr. Jose Ramon Barros Cantalice – UFRPE
Coordenador PPEAMB

“A procura da verdade é difícil e é fácil, já que ninguém poderá desvendá-la por completo ou ignorá-la inteiramente. Contudo, cada um de nós poderá acrescentar um pouco do nosso conhecimento sobre a natureza e, disto, uma certa grandeza emergirá”.

Aristóteles

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente à minha mãe, Gislene do Vale, pelos ensinamentos de toda uma vida e principalmente por ser exemplo na busca pela educação e ser agente transformador através desta. Ao meu marido, Augusto César, pelo incentivo diário à busca de qualificação, pelo cuidado e amor a mim destinados.

Ao meu orientador Romildo Morant de Holanda, pelo conhecimento passado, conselhos e compreensão durante todo o processo de construção deste trabalho. A todos os integrantes do grupo de pesquisa CITAR, pelo compartilhamento de momentos e conhecimentos, em especial às colegas Manuela Lorena e Ana Paula Alencar pela ajuda em diversos momentos.

À UFRPE, através do Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental, pela oportunidade de qualificação, pelos excelentes professores e aulas ministradas.

À Companhia Pernambucana de Saneamento – COMPESA - pela disponibilização do material necessário à execução deste trabalho.

À BRK Ambiental pela oportunidade de crescimento e desenvolvimento profissional.

RESUMO

O crescimento urbano acelerado alinha-se com o aumento do consumo dos recursos naturais em especial na água para consumo humano, que resulta diretamente com a produção de esgotamento sanitário no Brasil. No Brasil cerca de 51,92% da população tem acesso a rede de esgoto sanitário e apenas 44,92% dos esgotos do país são tratados. O Estado de Pernambuco gera um volume de esgoto na ordem de 1,5 milhão de m³ por dia, baseado na sua população de cerca 9,5 milhões de habitantes, dos quais apenas 20% tem acesso à rede de esgoto. Outro fator atrelado ao esgotamento sanitário é o lodo gerado nas Estações de Tratamento de Efluentes, que apesar de corresponder a apenas 1-2% do volume de esgoto tratado, o seu gerenciamento é considerado complexo e demanda custos elevados. Assim, o objetivo desse trabalho consiste em avaliar a eficiência de um processo de tratamento primário de efluentes domésticos com a utilização da prensa parafuso (screw press). Para o estudo da eficiência deste processo de tratamento primário com uso da prensa parafuso foi selecionada uma Estação de Tratamento de Efluentes domésticos que implementou a utilização do equipamento. Realizou-se um levantamento de dados, por meio de registros fotográficos e entrevistas semiestruturadas com roteiro temático, para a identificação dos processos de tratamento de efluente e do lodo. Para caracterização do efluente bruto e tratado foram realizadas coletas mensais durante o período de 01/2014 a 06/2018, verificando-se variações na qualidade do tratamento primário durante o período em que eram utilizados os leitos de secagem para desaguamento do lodo e um período em que a "ETE A" já operava com a prensa parafuso. As coletas e análises físico-químicas foram realizadas tomando como referência a metodologia descrita no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. A eficiência do tratamento primário com uso da prensa parafuso foi obtida por meio de um comparativo entre os resultados no período que a ETE operava utilizando leitos de secagem (2014-2015) com os resultados após incorporação da prensa parafuso ao processo (2016-2018). A caracterização do lodo indicou um alto grau de mineralização devido sua composição ter alta parcela de Sólidos Suspensos Voláteis. O teor de sólidos de 12% acima da faixa característica de lodo primários (2-7%) indica a necessidade de maior frequência de remoção. Com o aumento da eficiência na remoção de DBO a unidade passou a lançar menos poluente no corpo receptor reduzindo os impactos ambientais. A média da eficiência para o parâmetro DBO em 2014 a 2015 foi de 26% e com a utilização da prensa parafuso e de 2016 a 2018 foi alcançado o resultado de 51%, resultado superior ao esperado para processos primários (30%). A prensa parafuso mostrou-se eficiente na remoção de carga orgânica, com remoção 220% maior que o processo com leitos de secagem. A Prensa Parafuso mostrou-se vantajosa quanto a diminuição do tempo e aumento da capacidade de processamento de lodo, baixa exposição do operador a condições insalubres e diminuição da necessidade de mão de obra, mitigação da liberação de odores desagradáveis e proliferação de moscas de insetos.

Palavras-chave: prensa parafuso; tratamento de efluente; lodo.

ABSTRACT

Accelerated urban growth is aligned with the increase in the consumption of natural resources, especially in water for human consumption, which directly results in the production of sanitary sewage in Brazil. In Brazil about 51.92% of the population has access to sanitary sewage and only 44.92% of the country's sewage is treated. The State of Pernambuco generates a volume of sewage in the order of 1.5 million m³ per day, based on its population of about 9.5 million inhabitants, of which only 20% has access to the sewage network. Another factor linked to sanitary sewage is sludge generated at Wastewater Treatment Plants, which, although corresponding to only 1-2% of the volume of treated sewage, is considered complex and demands high costs. Thus, the objective of this work is to evaluate the efficiency of a process of primary treatment of domestic effluents with the use of the screw press. In order to study the efficiency of this primary treatment process using the screw press, a domestic effluent treatment station was installed that implemented the equipment. A data survey was carried out, through photographic records and semi-structured interviews with a thematic roadmap, to identify the effluent and sludge treatment processes. In order to characterize the raw and treated effluent, monthly collections were carried out during the period from 01/2014 to 06/2018, with variations in the quality of the primary treatment during the period in which the drying beds were used for sludge dewatering and a period in which the "ETE A" already operated with the screw press. The physico-chemical collections and analyzes were carried out with reference to the methodology described in the Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. The efficiency of the primary treatment with the use of the screw press was obtained by means of a comparison between the results in the period that the TEE operated using drying beds (2014-2015) with the results after incorporation of the screw press to the process (2016-2018). The characterization of the sludge indicated a high degree of mineralization due to its composition having high plot of Volatile Suspended Solids. The solids content of 12% above the primary sludge characteristic range (2-7%) indicates the need for a higher frequency of removal. With the increase of efficiency in the removal of BOD the unit started to release less polluting in the receiving body reducing the environmental impacts. The average efficiency for the DBO parameter in 2014 to 2015 was 26% and with the use of the screw press and from 2016 to 2018 the result was 51%, a result higher than expected for primary processes (30%). The screw press showed to be efficient in the removal of organic load, with removal 220% greater than the drying bed process. Screw press has proven to be advantageous in terms of decreasing the time and increase of sludge processing capacity, low operator exposure to unhealthy conditions and reduced labor requirements, mitigation of the release of unpleasant odors and proliferation of insect flies.

Keywords: screw press; effluent treatment; sludge.

LISTA DE ABREVIATURAS

CF. Constituição Federal.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente

CPRH. Companhia Pernambucana de Controle da Poluição Ambiental e de Administração de Recursos Hídricos

°C. Grau Celsius

CO. Carga Orgânica

DBO. Demanda Bioquímica de Oxigênio.

EB. Efluentes Brutos.

EEB. Estação Elevatória de Esgoto Bruto.

ETE. Estação de Tratamento de Efluente.

ETP. Efluentes Tratados na Etapa Primária.

IHM. Interface Homem-Máquina.

mg/L. miligramas por litro

mL/L. mililitros por litro

O&G. Óleos e Graxas

ONU. Organização das Nações Unidas.

PFSB. Política Federal de Saneamento Básico.

pH. Potencial hidrogeniônico.

PNRH. Política Nacional de Recursos Hídricos.

PNRS. Política Nacional do Resíduos Sólidos.

SMEWW. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento.

SKID. Conjunto de equipamentos pré-montados.

SSed. Sólidos Sedimentáveis.

SSF. Sólidos Suspensos Fixos.

SST. Sólidos Suspensos Totais.

SSV. Sólidos Suspensos Voláteis.

ST. Sólidos Totais.

STF. Sólidos Totais Fixos.

STV. Sólidos Totais Voláteis.

T. Temperatura.

TS. Teor de sólidos

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Etapas do tratamento de efluente doméstico e suas principais funções.	25
Figura 2. Processo de desaguamento no interior de uma Prensa Parafuso.	31
Figura 3. Fluxograma do processo com os parâmetros de entrada e saída em cada etapa.	35
Figura 4. Fluxograma do processo de tratamento da ETE A.	36
Figura 5. Gradeamento existente no canal de entrada da ETE.	37
Figura 6. Caixa desarenadora existente na ETE.	38
Figura 7. Transportador helicoidal.	38
Figura 8. Um dos quatro decantadores que constituem o tratamento primário.	39
Figura 9. Elevatória de lodo.	40
Figura 10. Leitões de secagem.	40
Figura 11. Uso de Cal hidratada sobre o lodo depositado.	41
Figura 12. Leito de secagem.	41
Figura 13. IHM do Skid.	42
Figura 14. Preparador da solução de polímero.	43
Figura 15. Reator de mistura.	43
Figura 16. Visão geral do SKID.	44
Figura 17. Fase líquida extraída do lodo.	44
Figura 18. Lodo desidratado lançado em caçamba estacionária.	45
Figura 19. Lodo bruto, torta de lodo desaguada e efluente drenado.	52

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Tipos de destinação de esgoto no Brasil 1990 a 2008.	22
Gráfico 2. Teor de sólidos e umidade no lodo bruto.	46
Gráfico 3. Sólidos Suspensos no lodo bruto.	47
Gráfico 4. Sólidos totais no lodo bruto.	48
Gráfico 5. Teor de sólidos e umidade no lodo desidratado em leitos de secagem. ...	49
Gráfico 6. Teor de sólidos e umidade no lodo desidratado na prensa parafuso.	50
Gráfico 7. Concentração de DBO no EB e ETP.	53
Gráfico 8. Temperatura do EB e ETP.	55
Gráfico 9. pH do EB e ETP.	56
Gráfico 10. Sólidos Sedimentáveis no EB e ETP.	57
Gráfico 11. Óleos e graxas.	58
Gráfico 12. Sólidos Suspensos Totais no EB e ETP.	59
Gráfico 13. Eficiência de remoção de DBO (%).	60
Gráfico 14. Carga orgânica removida (kg/d).	61
Gráfico 15. Eficiência de remoção de SST.	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. TS (%) e captura de sólidos obtidos nas amostras tomados da prensa parafuso.	52
Tabela 2. Resultados das análises realizadas no EB.....	73
Tabela 3. Resultados das análises realizadas noETP.	74
Tabela 4. Dados de vazões mensais e resultados dos cálculos de Carga orgânica removida e SST removidos.....	76
Tabela 5. Resultados das análises de SSF, SSV, SST, STV, STF e ST do lodo bruto.	77
Tabela 6. Resultados das análises de Teor de sólidos e Umidade do lodo bruto	79
Tabela 7. Resultados das análises de Teor de sólidos e Umidade do lodo desaguado em leitos de secagem.	79

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Resultados médios dos tipos de deságue em relação ao teor de sólidos atingido e o ciclo de operação	51
Quadro 2. Concentrações em esgotos para esgoto bruto.	54

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	17
2. OBJETIVOS	19
2.1. Objetivo Geral	19
2.2. Objetivos específicos	19
3. REVISÃO DE LITERATURA	20
3.1. Situação do saneamento	21
3.2. Privatização do saneamento	23
3.3. Estações de Tratamento de Efluentes	24
3.3.1. Tratamento Preliminar	25
3.3.2. Tratamento Primário	25
3.3.3. Tratamento secundário	26
3.3.4. Tratamento Terciário	27
3.4. Processos unitários de tratamento de lodo	28
3.4.1. Leito de secagem	28
3.4.2. Prensa de parafuso	29
4. MATERIAS E MÉTODOS	32
4.1. Área de estudo	32
4.2. Metodologia aplicada	32
4.2.1. Identificação dos processos de tratamento de efluente	32
4.2.2. Caracterização do lodo bruto e desaguado	32
4.2.3. Caracterização dos efluentes brutos e tratados na etapa primária	33
4.2.4. Eficiência do tratamento primário com uso da prensa parafuso	34
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	36
5.1. Identificação dos processos da ETE	36
5.2. Caracterização do lodo bruto e desaguado	45
5.2.1. Caracterização do lodo bruto	45
5.2.2. Eficiência de desaguamento do lodo nos leitos de secagem em relação aos parâmetros de Unidade (%) e TS (%)	48
5.2.3. Eficiência de desaguamento do lodo na prensa parafuso em relação aos parâmetros de Unidade (%) e TS (%) e captura de sólidos	50
5.3. Caracterização dos efluentes brutos e efluentes tratados na etapa primária	53
5.4. Eficiência do tratamento primário com uso da prensa parafuso	59

6. CONCLUSÃO	63
REFERÊNCIAS	65
APÊNDICE	73

INTRODUÇÃO

O crescimento urbano acelerado alinha-se com o aumento do consumo dos recursos naturais em especial da água para consumo humano, que resulta diretamente na produção de esgotamento sanitário no Brasil (GODOY, 2013; VANZETTO, 2012). Leonetti, Prado e Oliveira (2011) corroboram que vem ocorrendo o aumento significativo do consumo de água para uso doméstico no Brasil nos últimos anos. Sendo, o consumo efetivo de água por habitante dia estimado em 200 L e a geração desse esgoto uma taxa de 0,8 do consumo (ABNT, 1998).

Assim, no Brasil cerca de 51,92% da população tem acesso a rede de esgoto sanitário e 44,92% dos esgotos do país são tratados (SNIS, 2016). O Estado de Pernambuco gera um volume de esgoto na ordem de 1,5 milhão de m³ por dia, baseado na sua população de cerca 9,5 milhões de habitantes, dos quais apenas 20% tem acesso a rede de esgoto (SNIS, 2016).

Dessa forma, os requisitos legais de qualidade do tratamento do esgoto sanitário é fator que requer sempre melhorias em função do alcance de resultados que reduzam os impactos aos corpos hídricos, do lançamento do efluente tratado e da busca do atendimento aos requisitos de destinação ambientalmente adequada do lodo produzido (BRASIL, 2010; MMA, 1992).

Consequentemente, uma solução para a preservação dessas águas é o investimento em saneamento e no tratamento do esgoto sanitário atrelado ao desenvolvimento de novas tecnologias, visando eficiências nos processos de tratamento de efluentes domésticos pela disposição segura e com redução do impacto ambiental e assim garantindo maior segurança e bem-estar para as populações envolvidas (LEONETTI; PRADO; OLIVEIRA, 2011; VAN HAANDEL; ALEM SOBRINHO, 2006).

Outro fator atrelado ao esgotamento sanitário, o lodo gerado nas Estações de Tratamento de Efluentes (ETE), que apesar desse resíduo sólido corresponder a apenas 1 a 2% do volume do esgoto tratado, o seu gerenciamento é considerado complexo e demanda de custos elevados (GODOY, 2013).

Visto que, a destinação desse é considerado um grande problema ambiental para as empresas de saneamento (METCALF; EDDY, 2003). Os custos envolvidos com a disposição final do resíduo podem chegar a 60% dos custos operacionais de uma ETE (VON SPERLING, 2014). Para a destinação final do lodo utiliza-se em muitos casos o aterro sanitário, porém alguns estudos vislumbram o uso como insumo agrícola, fertilizante ou na construção civil (GODOY, 2013).

Assim, o objetivo desse trabalho consiste em avaliar a eficiência de um processo de tratamento primário de efluentes domésticos com a utilização da prensa parafuso (*screw press*). Uma vez que o tratamento do lodo de esgoto tem como principal atribuição a geração de um produto mais estável e com menor volume para facilitar seu manuseio e, conseqüentemente, reduzir os custos nos processos subsequentes (PEDROZA *et al.*, 2010).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Avaliar a eficiência do processo de tratamento primário de efluente doméstico com o uso da prensa parafuso (screw press).

2.2. Objetivos específicos

- Identificar os processos de tratamento de efluente e de tratamento de lodo da ETE;
- Caracterizar o lodo objeto do estudo;
- Caracterizar o efluente bruto e efluente tratado no processo primário da ETE;
- Determinar a eficiência do tratamento após incorporação da prensa parafuso ao processo de tratamento.

3. REVISÃO DE LITERATURA

A carência de acesso a serviços de saneamento coloca em risco o meio ambiente e a saúde da população (VÁSQUEZ; PLANAS, 2018). A Agenda 21 Brasileira aborda a questão do saneamento como necessária para a qualidade do meio ambiente (MMA, 2004).

A falta de serviços de saneamento pode ter consequências ambientais e de saúde humana negativas, especialmente em ambientes urbanos com altas densidades residenciais, no qual a baixa renda da população e os riscos à saúde estão associados ao saneamento (MCGRANAHAN, 2015).

A disposição inadequada de águas residuais e pluviais apresenta riscos consideráveis para a saúde, já que a água estagnada é muitas vezes um terreno fértil para mosquitos transmissores de doenças (SHARMA, 2014). Ainda segundo McGranahan (2015, p. 1) “o mau saneamento é degradante, desagradável, insalubre e muito prevalente, mesmo em áreas urbanas”.

A infraestrutura de saneamento tem sido bastante eficaz no combate às doenças nos países em desenvolvimento, porém a evolução na expansão em saneamento nesses países tem sido lenta, menos de 50% dos 191 países membros das Nações Unidas atingiram a meta de saneamento dentro da estrutura dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (VÁSQUEZ; AKSAN, 2015).

Sistemas de esgotos convencionais operados por concessionárias raramente alcançam mais do que uma pequena parcela de moradores nas cidades de países de baixa renda, com custos difíceis de cobrir mesmo quando os pagamentos dos usuários são complementados com subsídios públicos (MCGRANAHAN, 2015).

Enquanto estima-se que 72% dos lares urbanos latino-americanos tem uma conexão de esgoto, na maioria dos países do sul e sudeste da Ásia e África Subsaariana, a participação é inferior a 10% (KJELLE´N *et al.*, 2011).

A provisão de baixo custo apresenta desafios institucionais que as empresas não estão preparadas para atender. Essas dificuldades institucionais são agravadas

pela baixa renda das populações que limitam suas demandas econômicas (MCGRANAHAN, 2015).

O enquadramento da água e do saneamento como um direito humano pode ser entendido como uma afirmação da importância fundamental da água e do saneamento para dignidade humana, e como resposta ao serviço global de água tendências têm enfatizado cada vez mais a eficiência, sustentabilidade e privatização (MURTHY, 2013).

3.1. Situação do saneamento

A prestação dos serviços de saneamento no Brasil ainda é bastante deficitária (VANZETTO, 2012). Historicamente os investimentos em saneamento no Brasil ocorreram de forma pontual em períodos específicos, com destaque para o período entre 1970 e 1980 onde houveram avanços no setor visando a redução das taxas de mortalidade, acreditava-se que avanços nas áreas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário nos países em desenvolvimento resultariam na redução das taxas de mortalidade (SOARES; BERNARDES; CORDEIRO NETTO, 2002).

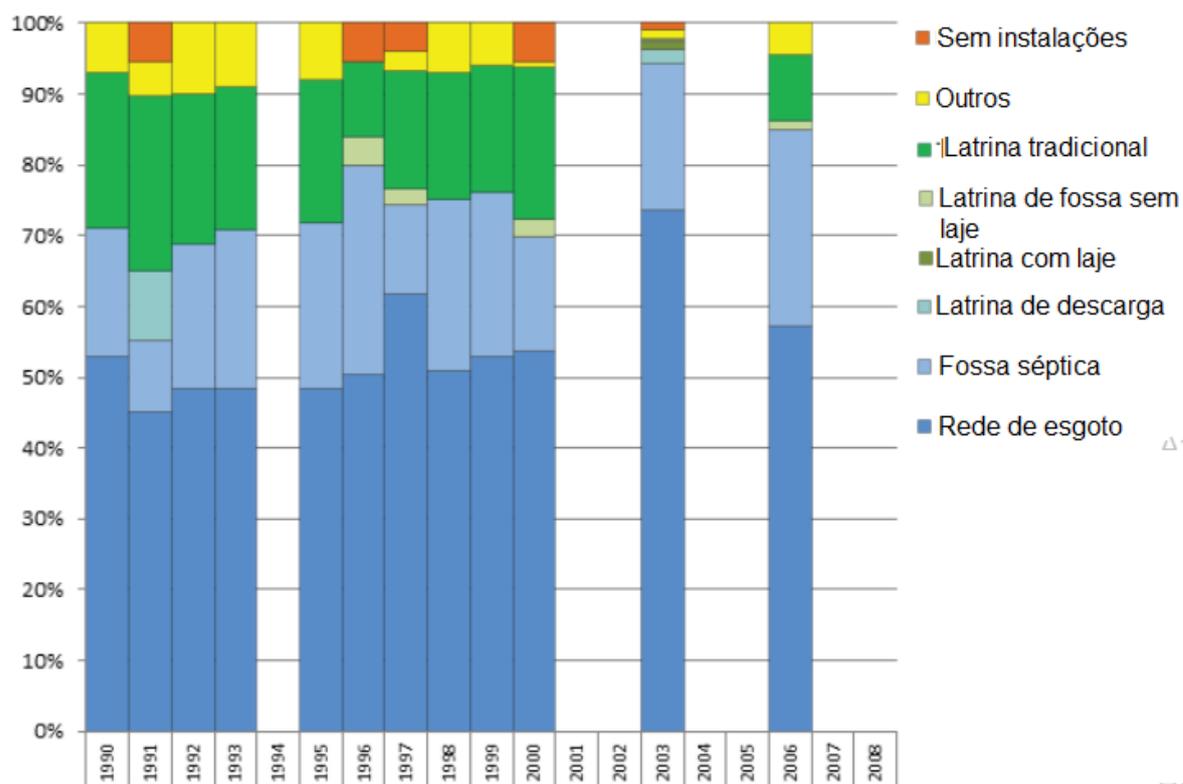
Para viabilizar os investimentos no âmbito governamental, foi estabelecida por meio da Lei 11.445, de 5 de janeiro de 2007, a Política Federal de Saneamento Básico (PFSB), que em seu capítulo IX orienta a ação do governo federal por meio da definição de um conjunto amplo de diretrizes, objetivos e metas para a universalização e definição de programas, ações e estratégias para investimentos no setor (BRASIL, 2007). Com os investimentos em saneamento espera-se resultados em melhoria da qualidade da água e dos índices de saúde pública (LEONETTI; PRADO; OLIVEIRA, 2011).

“As precárias condições de acesso aos serviços de saneamento básico propiciam a transmissão de bactérias, vírus e parasitas, que estão presentes nas fezes, urina ou vômito do doente ou portador, causadores de diversas doenças infectocontagiosas” (SCRIPTORE, 2016, p.1).

Nestes últimos anos, além da PF SB, quanto aos recursos hídricos tem-se no Brasil, a Lei n. 9.433/1997, referente à Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) (BRASIL, 1997). Verificam-se nestas leis algumas exigências para garantir a sustentabilidade dos investimentos em saneamento, mas, segundo Souza e Freitas (2006), ainda existe uma predominância de conceitos preventivistas e omissões discursivas, além de visões ambíguas dentro de uma mesma legislação.

Segundo Kjellén *et al.* (2011) os resultados de destinação de esgotos domésticos não demonstram mudanças significativas ao longo dos anos, demonstrando uma tendência de aumento no sistema de esgotos canalizados que servem a maioria da população, as fossas sépticas são o segundo meio mais comum, utilizada entre 15-25% dos sistemas.

Gráfico 1. Tipos de destinação de esgoto no Brasil 1990 a 2008.



Fonte: Kjellén et al. (2011).

A Agenda 21 do Estado de Pernambuco foi colocada em vigor em 2002 e tem por base a Agenda 21 Mundial, o tema estudado é discutido no item 2.2 da seção

idades sustentáveis, que apresenta o panorama de saneamento no estado e apresenta medidas para melhorar o cenário (PERNAMBUCO, 2002).

No tocante ao saneamento, o assunto vem sendo cada vez mais discutido pelas agendas internacionais de desenvolvimento, visto que é reconhecido pela Organização das Nações Unidas (ONU) como um direito humano estabelecido como meta para 2030. Em contraste, os resultados até 2015 são considerados fora das metas (MCGRANAHAN, 2015).

“A tarefa da universalização do saneamento básico de qualidade no Brasil envolve um amplo esforço político-ideológico dos diversos segmentos da sociedade civil organizada, no sentido de levar a ação de saneamento básico para o campo do direito social e como tal integrante de uma política pública sustentada em uma forte ação do Estado” (BORJA, 2014, p.14).

3.2. Privatização do saneamento

A Constituição Federal (CF) reserva um artigo específico para tratar do meio ambiente, sendo este o artigo 225, que impõe ao poder público e à coletividade o dever de defender e preservar o meio ambiente e exige, incluindo as atribuições descentralizando os deveres entre os órgãos federais, estaduais e municipais (BRASIL, 1988).

Galiani, Gertler e Schargrotsky (2005) concluíram que a privatização dos serviços de saneamento na Argentina diminuiu as taxas de mortalidade infantil. Outros estudos avaliam o efeito da privatização em geral com resultados mistos, afirmando que variações no contexto institucional, regulação, competição e design organizacional poderiam explicar variações nos resultados.

As privatizações de serviços de saneamento no Brasil oferecem uma oportunidade rara de investigar os efeitos de diferentes modos de operação privada em indicadores epidemiológicos (SAIANI; AZEVEDO, 2018). Ainda segundos os autores, de 1995 a 2008, o Brasil experimentou uma onda de privatizações no nível

estadual em serviços de água e esgoto, por provisão totalmente privativa e por meio de provisão pública e privatização.

A segunda forma, doravante privada com direitos estaduais, corresponde à concessão de serviços de saneamento a uma empresa controlada por uma empresa privada que compartilha alguns direitos de decisão com o governo estadual (SAIANI; AZEVEDO, 2018).

Um provedor privado tem incentivos mais fortes do que uma empresa estatal para reduzir custos, uma vez que é capaz de se apropriar do retorno de seus próprios esforços em direção a uma provisão mais eficiente (SAIANI; AZEVEDO, 2018).

3.3. Processos de Tratamento de Efluentes

A Resolução Conama n. 430, de 16 de maio de 2011, em complementação e alteração à resolução Conama n. 357, de 17 de março de 2005, estabelece que quaisquer fontes poluidoras somente poderão ser lançadas, direta ou indiretamente nos corpos de água, após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências disposto nesta Resolução e em outras normas aplicáveis (CONAMA, 2011; 2005).

As estações de tratamento de efluentes promovem o tratamento adequado dos esgotos, corrigindo as suas características consideradas indesejáveis, o que possibilita o seu uso ou disposição final de acordo com a qualidade mínima exigida do efluente (SOARES; MATOS; BERNANDES, 2001). Jordão e Pessôa (2011) descrevem a importância de uma ETE para a preservação do meio ambiente e para a qualidade de vida da população (Figura 1).

Figura 1. Etapas do tratamento de efluente doméstico e suas principais funções.



Fonte: Oliveira (2011).

3.3.1 Tratamento Preliminar

O tratamento preliminar destina-se principalmente à remoção de sólidos grosseiros e areia (SPERLING, 2014). O tratamento preliminar é comumente composto por grades, peneiras e desarenadores, removendo sólidos grosseiros, gorduras e areia (OLIVEIRA, 2014).

A remoção dos sólidos grosseiros é feita por meio de grades, que podem ser grossas, médias e finas, dependendo do espaçamento entre as barras. A limpeza das grades pode ser realizada de forma manual ou mecanizada (Piveli, 2006).

A remoção da areia contida nos esgotos é feita através de desarenadores (caixas de areia), que podem ser manuais ou mecanizados. O mecanismo de remoção da areia é o de sedimentação: a areia, devido às suas maiores dimensões e densidade, vai para o fundo do tanque (SPERLING, 2014).

3.3.2. Tratamento primário

Após passarem pelas unidades do tratamento preliminar, o efluente ainda contém os sólidos em suspensão de menor diâmetro, os quais podem ser parcialmente removidos no processo de tratamento primário.

Nesta etapa, os esgotos fluem vagarosamente nos decantadores primários, permitindo que os sólidos em suspensão e parte da matéria orgânica sedimentem-se gradualmente (SPERLING, 2014).

Nos decantadores primários ocorre também a remoção da espuma, composta por óleos e graxas e sólidos de pequenas densidades, que flutam até a superfície por possuírem uma densidade menor que do líquido, onde são coletados e removidos para posterior tratamento (Piveli, 2006).

3.3.3. Tratamento secundário

No tratamento secundário predominam mecanismos biológicos, que se subdividem em dois grandes grupos, processos aeróbios e anaeróbios, cujo principal objetivo é a remoção da matéria orgânica e de nutrientes: nitrogênio e fósforo (SPERLING, 2014).

Nos processos aeróbios as reações bioquímicas de degradação da matéria orgânica são realizadas por microrganismos aeróbios e os principais processos empregados são: Lagoas de estabilização, lagoas aeradas, lagoas facultativas, lodos ativados e suas variantes e filtros de percolação (SPERLING, 2014).

Dentre os processos de tratamento aeróbios destacam-se os lodos ativados e sua variantes, por sua alta eficiência na degradação da matéria orgânica. O princípio deste processo está ligada à oxidação bioquímica de diversos poluentes orgânicos e inorgânicos a partir da participação efetiva de uma variada biomassa microbiana, suspensa no meio e mantida sob concentração constante de oxigênio dissolvido (Mesquita et al., 2013).

O tratamento do esgoto também pode ser feito por processos anaeróbios, onde atuam micro-organismos na ausência de ar ou oxigênio elementar, convertendo parte da matéria orgânica em gás carbônico e metano. Os principais processos quem empregam essa tecnologia são os reatores anaeróbios, lagoas anaeróbias e os filtros anaeróbios (SPERLING, 2014).

Apesar de haver uma tendência em se comparar esses dois grupos de processos, hoje é consenso o interesse em associá-los, obtendo-se com isso importantes vantagens técnicas e econômicas (Piveli, 2006).

3.3.4. Tratamento terciário

Embora os processos convencionais de tratamento envolvendo as etapas de tratamento preliminar, primário e secundário sejam conhecidos por remover entre 90 e 99% de alguns poluentes, sua eficiência muitas vezes não é suficiente para atingir as exigências existentes para descarga de efluentes, proteção de balneários e reúso. (LAZAROVA, 1999).

O tratamento terciário de efluentes é destinado à remoção dos poluentes restantes do tratamento secundário e de organismos patogênicos (TOSETTO, 2005).

Os métodos mais comuns de tratamento terciário são as lagoas de maturação, desinfecção com cloração, radiação UV, ozonização e membranas de filtração. O método a ser empregado vai depender da característica do efluente tratado (industrial ou doméstico), dos padrões a serem alcançados para disposição do efluente, da disponibilidade de área e viabilidade econômica. (TCHOBANOGLIOUS, 1991).

Na desinfecção por agentes químicos como cloro, dióxido de cloro e ozônio, a substância penetra nas células dos microrganismos causando a destruição ou danificando a parede celular, o citoplasma ou o núcleo celular (FRANCI, 2003).

Mais recentemente a tecnologia de Raios ultravioleta vem sendo empregada, a radiação ultravioleta causa alteração nos processos de síntese e crescimento celular dos microrganismos presentes no efluente (Souza, 2012).

A filtração por membranas experimenta crescente aplicação na composição de estações e tratamento de esgoto devido à redução de preço das membranas. (Souza, 2012).

A lagoa de maturação é uma alternativa mais barata aos métodos acima, esse método natural promove a desinfecção por meio de concurso de agentes biológicos na inativação de patógenos (Jordão, 2003).

3.4. Processos unitários de tratamento de lodo

O lodo de esgoto é um complexo de matéria orgânica e inorgânica ligadas por uma alta quantidade de água, parte dessa água é vista como água livre e pode ser separada do material sólido por sistemas de baixa energia, como a decantação (VANZETTO, 2012).

Segundo Von Sperling e Gonçalves (2001), a composição do lodo sanitário é de aproximadamente 95% de água, mas ainda assim é designado por fase sólida.

A Política Nacional do Resíduos Sólidos (PNRS), Lei n. 12.305 foi um marco importante para o país, tendo como princípios associar responsabilidades compartilhadas, distinção entre resíduos e rejeitos, prevendo a abordagem preferencial em ordem: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final ambientalmente adequada, e trazendo a solução consorciada para a gestão municipal dos resíduos sólidos urbanos (BRASIL, 2010).

3.4.1. Leito de secagem

Há grande diversidade de processos unitários de tratamento de lodo, pode-se citar inicialmente os processos de secagem natural ao ar livre como um método convencional largamente utilizado para desidratar, por meios naturais, o lodo (AISSE; ANDREOLI, 1999).

Os leitos de secagem são estruturas físicas, construídas em forma de tanques muitas vezes em formato retangular, com o objetivo de desidratar o lodo digerido, a desidratação ocorre, na maioria das vezes, por meio naturais, sendo considerado um método simples e mais comum (JORDÃO; PESSOA, 2011).

O processo ocorre quando a pasta de lodo digerida é espalhada no leito de secagem, a céu aberto com camadas drenantes, e deixado para secar, por uma combinação de evaporação e drenagem por gravidade, em seguida o líquido percolado é coletado por uma rede de tubulação construída sob a areia que é bombeada de volta para a cabeça da planta (JORDÃO; PESSOA, 2011).

O processo de percolação é o que mais contribui na remoção da água alcançando teor de sólidos de 20% de modo que a evaporação é essencial para se obter lodo com teor mais elevado de sólidos, alcançado 40% acerca de seis semanas de secagem, por meio de regime de batelada (AISSE; ANDREOLI, 1999).

Os leitos ocupam muitas vezes áreas nem sempre disponíveis, em razões como, por exemplo, 20 hab./m², ainda nesse processo utilizam-se equipamentos que consomem energia elétrica e o consumo de polímeros auxiliares (AISSE; ANDREOLI, 1999).

3.4.2. Prensa de parafuso

O processo de desaguamento de lodo objetiva aumentar o teor de sólidos e consequentemente reduzir o volume do resíduo e pode ser realizado por sistemas naturais ou mecânicos de remoção de água (SILVEIRA, 2012). Reali (1999) observa que os meios mais utilizados para realizar o desaguamento dos lodos podem ser mecânicos (filtro – prensa, filtro a vácuo e centrífugas), ou ainda meios naturais (leito de secagem e lagoas de lodo).

Andrade *et al.* (2014) discorre que os sistemas mecânicos para redução do volume do lodo são alternativas atraentes a serem adotadas, em detrimento de sistemas naturais, principalmente quando não se tem grande disponibilidade de área para tratamento e o clima local não favorece a perda de água do lodo pelo processo natural de evaporação.

O desenvolvimento de níveis mais elevados de tratamento de efluentes tem produzido lamas residuais de características diversificadas e mais difíceis de serem desaguadas (OKADA, 1997).

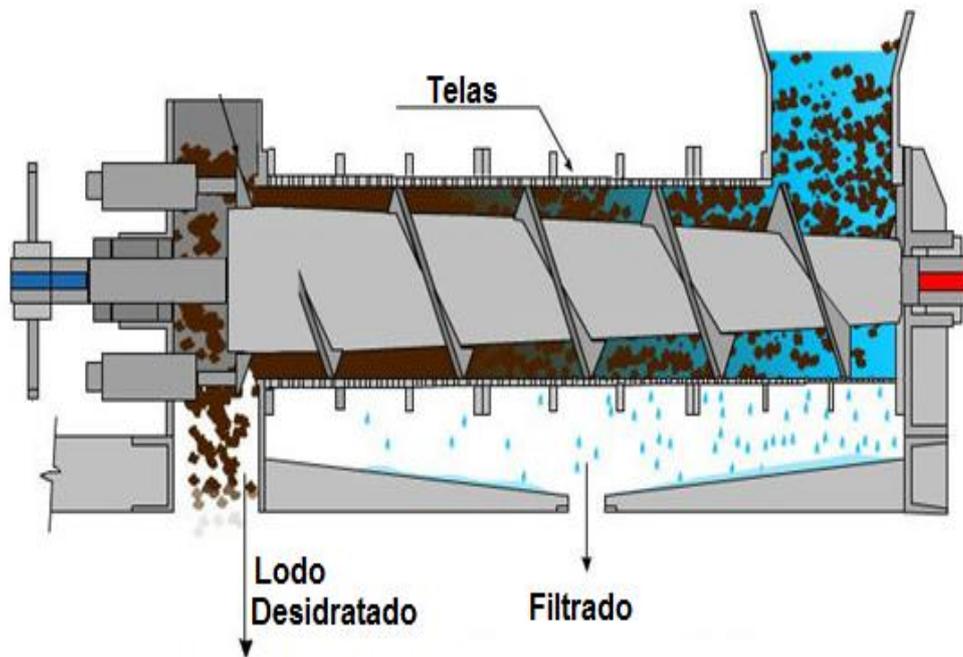
Os elevados custos de tratamento deste resíduo exigem que novas tecnologias de desaguamento de lodo possam ser mais eficientes na redução de volume e demandem menores custos operacionais (OKADA, 1997). Os métodos de separação sólido-líquido utilizando telas combinadas à ação da força centrífuga têm atraído atenção por ser um método de baixo custo e fácil operação (KANG; JIN, 2001).

Neste cenário a prensa parafuso surge como uma alternativa às tecnologias já existentes, cujo funcionamento consiste nas seguintes etapas: o lodo passa por um reator de mistura onde é adicionado de um coagulante polieletrólítico que deve ser escolhido a partir das características do lodo, o lodo coagulado é introduzido sob pressão na prensa parafuso através de uma bomba de alimentação de lodo, no interior da presa o lodo é pressionado contra uma tela filtrante que realiza a separação sólido/líquida, a fase sólidos é conduzida até a outra extremidade da prensa através do um transportador helicoidal e a fase líquida é captada na parte externa da presa (OKADA, 1997).

O equipamento é munido de um sistema automático de limpeza de alta pressão que consiste de um cabeçalho de limpeza equipado com bicos de pulverização. Este cabeçalho de limpeza move-se para frente e para trás para limpar a tela (meio filtrante) com água sob alta pressão (OKADA, 1997).

Este equipamento possui algumas vantagens como pequenas dimensões, não exalam odor, baixa necessidade de intervenção do operador, baixa concentração de sólidos no lodo de alimentação, alta concentração de sólidos na torta após desaguamento, após adição do coagulante formam flocos estáveis que não se desintegram, polieletrólitos catiônicos, aniônicos, inorgânicos ou combinações destes podem ser utilizados dependendo das características do lodo (OKADA, 1997) (Figura 2).

Figura 2. Processo de desaguamento no interior de uma Prensa Parafuso.



Fonte: VD Engineer (2018) (adaptada pelo autor).

Com o uso da prensa parafuso o desaguamento ocorre primeiramente por gravidade, através da drenagem do lodo flocculado na parte inicial do tambor, e depois por aumento da pressão do lodo e liberação da água livre ao longo do parafuso através da diminuição do espaço e fricção (VANZETTO, 2012).

Esta diminuição de espaço se dá através do encurtamento entre o passo do parafuso, aumento da seção côncava interna e diminuição do tambor.

O lodo flocculado é alimentado em uma das extremidades do cilindro, o parafuso é o responsável pelo transporte do lodo até a outra extremidade. Ao longo do cilindro, pelo fato do parafuso possuir um formato côncavo, há um incremento de pressão, forçando cada vez mais a retirada da água livre.

4. MATERIAS E MÉTODOS

4.1. Área de estudo

Para o estudo da eficiência de um processo de tratamento primário com uso da prensa parafuso foi selecionada uma Estação de Tratamento de Efluentes domésticos que implementou a utilização do equipamento para a etapa do tratamento primário. Para fins de confidencialidade das informações, a estação estudada será identificada com “ETE A”, localizada no município de Recife, capital de Pernambuco, situado na zona litorânea.

Até o ano de 2015 a “ETE A” utilizava leitos de secagem para realizar o desaguamento do lodo retirado dos decantadores primários, a partir de 2016 o complexo implementou a utilização da Prensa parafuso em substituição ao método anterior, os dados apresentam refere-se ao período de 2014 a 2018.

4.2. Metodologia aplicada

4.2.1. Identificação dos processos de tratamento de efluente

Realizou-se um levantamento de dados, por meio de registros fotográficos e entrevistas semiestruturadas com roteiro temático, subsidiando novos questionamentos a partir das respostas informadas (TRIVIÑOS, 1987). A partir disso, gerou-se um fluxograma, adaptando imagens da Companhia de saneamento de Jundiai-SP, fornecendo uma representação gráfica das fases que compõem o processo, de forma a permitir uma visão global e das características que compõem as etapas (JUNDIAI, 2018).

4.2.2. Caracterização do lodo bruto e desaguado

Para a caracterização do lodo foram realizados os ensaios de teor de sólidos e umidade no período de 01/2016 a 09/2016 e de sólidos suspensos fixos, sólidos suspensos voláteis, sólidos suspensos totais, sólidos totais fixos, sólidos totais voláteis e sólidos totais entre 06/2015 e 09/2016.

As coletas e análises físico-químicas foram realizadas pelo laboratório da empresa administradora da “ETE A” tomando como referência a metodologia descrita no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012).

Os parâmetros analisados foram: Sólidos Suspensos Fixos (SSF) (SMEWW 2540D), Sólidos Suspensos Voláteis (SSV) (SMEWW 2540E), Sólidos Suspensos Totais (SST) (SMEWW 2540DE), Sólidos Totais Fixos (STF) (SMEWW 2540B), Sólidos Totais Voláteis (STV) (SMEWW 2540B), Sólidos Totais (ST) (SMEWW 2540B), umidade e massa seca do lodo (Analisador de umidade OHAUS MB23/MB25).

4.2.3. Caracterização dos efluentes brutos e tratados na etapa primária

Para caracterização do EB e ETP foram realizadas coletas mensais durante o período de 01/2014 a 06/2018, verificando-se variações na qualidade do tratamento primário durante o período em que eram utilizados os leitos de secagem para desaguamento do lodo e um período em que a “ETE A” já operava com a prensa parafuso.

As coletas e análises físico-químicas foram realizadas pelo laboratório da empresa administradora da “ETE A” tomando como referência a metodologia descrita no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (SMEWW) (APHA, 2012).

Os parâmetros analisados foram: Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) (SMEWW5210B), óleos e graxas (SMEWW 5520D), pH (SMEWW 4500-H+B), Sólidos Sedimentáveis (SSed) (SMEWW 2540F), temperatura (SMEWW 2550B) e Sólidos Suspensos Totais (SST) (SMEWW 2540D).

Para avaliação do efluente bruto os resultados obtidos a partir das análises realizadas foram comparados com resultados obtidos por outros autores, a fim de verificar se o esgoto afluente possui características típicas de esgoto doméstico.

Embora a etapa estudada refira-se apenas ao tratamento primário, para avaliação da eficiência de remoção de poluentes no efluente tratado, utilizou-se como referência, a título e comparação, os limites estabelecidos na resolução Conama 430/2011 e normas técnica CPRH 2.002/2000 para a emissão de esgotos domésticos em corpos hídricos de classe II, pH: entre 5 e 9, temperatura: inferior a 40°C, Sólidos Sedimentáveis: até 1,0 mL/L, Óleos e Graxas (mg/L): até 100 mg/L, DBO_{5,20}: até 120 mg/L ou 60% de remoção pela Conama 430, DBO_{5,20}: até 30 mg/L e 90% de remoção pela CPRH 2002. (CONAMA, 2011; CPRH, 2000).

4.2.4. Eficiência do tratamento primário com uso da prensa parafuso

A eficiência do tratamento primário com uso da prensa parafuso foi obtida por meio de um comparativo entre os resultados no período em que a “ETE A” operava utilizando leitos de secagem (2014-2015) com os resultados após incorporação da prensa parafuso ao processo (2016-2018). Para tal comparativo utilizou-se os seguintes indicadores: eficiência de remoção de DBO(%), eficiência de remoção SST(%), Carga orgânica(KgDBO/dia) removida e Sólidos Suspensos Totais (KgSST/d) removidos.

Foram realizados cálculos de Eficiência e remoção de poluentes para todo o período estudado comparando os valores obtidos durante a operação com os leitos de secagem e com a Prensa Parafuso.

$$\% \text{ DBO} = (\text{DBO}_{\text{entrada}} - \text{DBO}_{\text{saída}}) / \text{DBO}_{\text{entrada}}$$

$$\% \text{ SST} = (\text{SST}_{\text{entrada}} - \text{SST}_{\text{saída}}) / \text{SST}_{\text{entrada}}$$

$$\text{CO removida (Kg DBO/d)} = Q(\text{L/s}) * (\text{DBO}_{\text{entrada}} - \text{DBO}_{\text{saída}}) * \text{Fator de conversão.}$$

$$\text{SST removido (KgSST/d)} = Q(\text{L/s}) * (\text{SST}_{\text{entrada}} - \text{SST}_{\text{saída}}) * \text{Fator de conversão.}$$

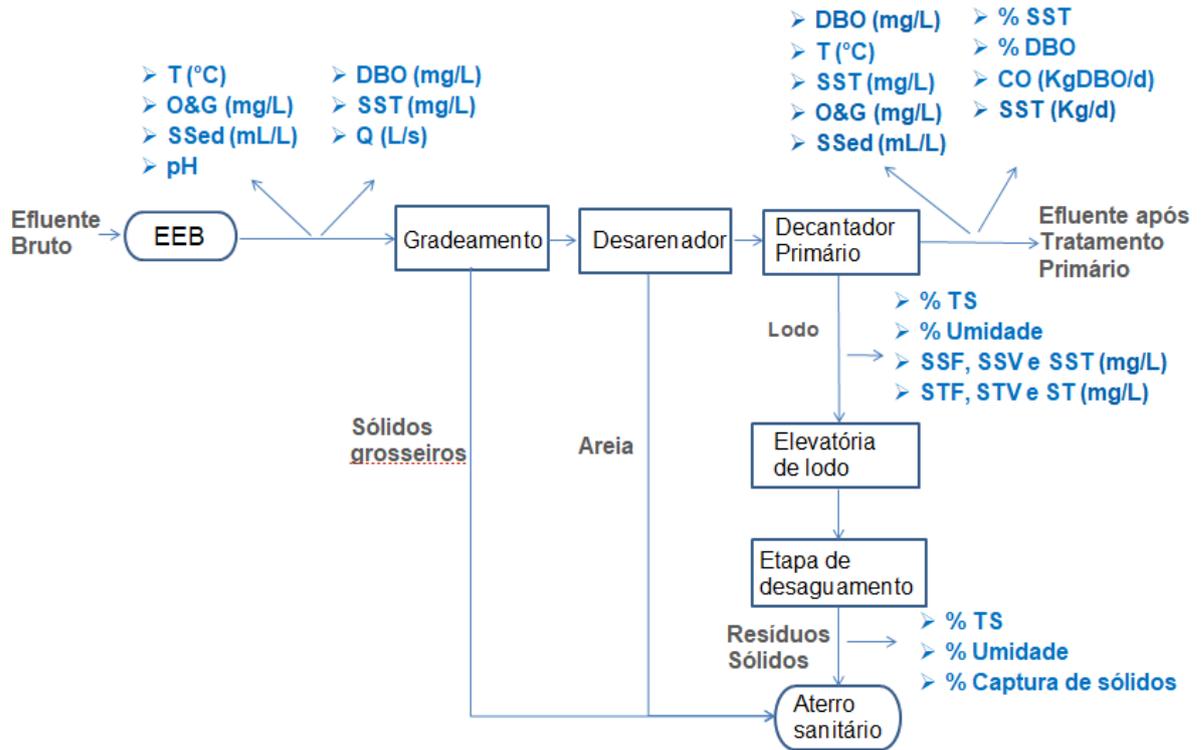
Onde:

Q é a vazão afluente à estação.

Fator de conversão é a constante de conversão das unidades mg/s para Kg/d, cujo valor é de 0,0864.

De forma a demonstrar uma representação gráfica do estudo de caso, foi elaborado um fluxograma com os parâmetros de entrada e saída (variáveis de entrada e saída) (Figura 3).

Figura 3. Fluxograma do processo com os parâmetros de entrada e saída em cada etapa.



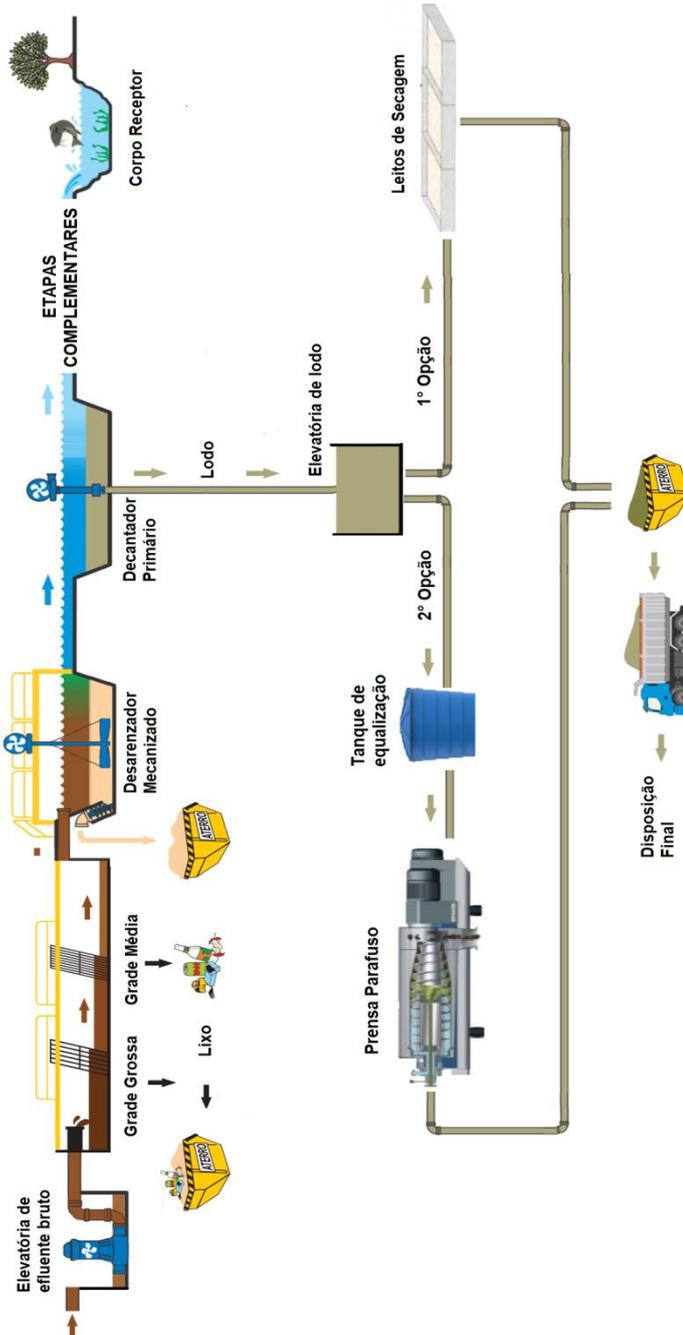
Fonte: Autor (2018).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Identificação dos processos da ETE

A partir dos dados coletados foi estabelecida, por meio de um fluxograma, a representação gráfica das etapas do processo de tratamento do efluente. (Figura 4).

Figura 4. Fluxograma do processo de tratamento da ETE A.



Fonte: Autor (2018).

O efluente bruto chega à “ETE A” e é direcionado para a Estação Elevatória de Esgoto Bruto (EEB), a EEB esta localizada próximo à entrada da ETE, o efluente chega por bombeamento de outras elevatórias constituintes da bacia de redes coletoras e em seguida é elevado até o canal de entrada da ETE a aproximadamente dois metros do nível do solo.

Em seguida é encaminhado para o gradeamento grosso e gradeamento fino, essa etapa conta com uma grade de espaçamento grosso para retenção de sólidos de maior diâmetro seguida de uma grade de espaçamento pequeno para retenção de sólidos de menor tamanho. Ambas possuem limpeza manual e o resíduo retirado é acondicionado em caçambas estacionárias de 5m³ com destino final a aterro sanitário (Figura 5).

Figura 5. Gradeamento existente no canal de entrada da ETE.



Fonte: Autor (2018).

Na etapa seguinte o efluente é distribuído entre duas caixas desarenadoras mecanizadas passando por um homogeneizador de fluxo que tem a função de distribuir uniformemente o efluente dentro da estrutura (Figura 6).

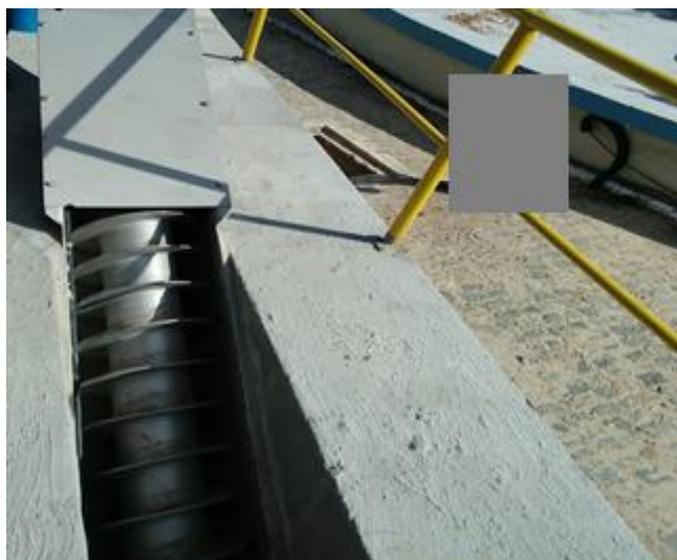
Figura 6. Caixa desarenadora existente na ETE.



Fonte: Autor (2018).

O desarenador, por meio de sua função hidráulica decantadora, retira o material orgânico e inorgânico mais pesado. Os grãos de areia, devido suas maiores dimensões e densidade se depositam no fundo do tanque onde são arrastados por um raspador giratório que empurra o material sedimentado para a base de um transportador helicoidal, demonstrado na figura 7, e por fim são depositados em caçambas estacionárias para posterior destinação ao aterro sanitário.

Figura 7. Transportador helicoidal.



Fonte: Autor (2018).

Após o tratamento preliminar o efluente passa por um distribuidor central que alimenta quatro decantadores primários, nesta etapa há a sedimentação dos sólidos em suspensão e sólidos flutuantes, uma parcela dos sólidos em suspensão sedimentados é de natureza orgânica, o que conseqüentemente resulta na redução da carga orgânica (Figura 8).

Figura 8. Um dos quatro decantadores que constituem o tratamento primário.



Fonte: Autor (2018).

Após o processo de sedimentação, os sólidos retidos no fundo dos decantadores constituem o lodo primário que é retirado através de descartes periódicos e encaminhado para elevatória de lodo. O efluente tratado é conduzido às próximas etapas de tratamento e posteriormente ao corpo receptor.

No primeiro período estudado (2014 - 2015) o lodo retido nos decantadores era bombeado através da elevatória de lodo até a linha de alimentação dos leitos de secagem, o operador abria o registro do leito a ser alimentado fechando-o ao final do processo (Figura 9).

Figura 9. Elevatória de lodo.



Fonte: Autor (2018).

Antes da implantação da prensa parafuso, existiam 9 leitos de secagem em operação de dimensões: 22 x 8,5 x 0,6 m, compostos de camada suporte (tijolos de cerâmica), meio filtrante (areia grossa) e sistema drenante (britas) (Figura 10).

Figura 10. Leitos de secagem.



Fonte: Autor (2018).

A figura 11 ilustra uma prática operacional, o uso de cal hidratada sobre o lodo disposto nos leitos. Como agente condicionador de lodo, a cal é normalmente

utilizada para elevar o pH, os patógenos e os microrganismos do lodo podem ser tanto inativados como destruídos em condições de pH maior ou igual a 12, além de elevar o pH, a cal providencia um certo grau de redução de odor (MIKI; SOBRINHO, 1999).

Figura 11. Uso de Cal hidratada sobre o lodo depositado.



Fonte: Autor (2018).

Após a drenagem da água livre, a secagem da massa de lodo ocorre por meio de evaporação, e as variáveis climáticas, tais como: umidade relativa do ar, ventilação, temperatura e incidência pluviométrica são de suma importância para o melhor desempenho de desaguamento (Figura 12).

Figura 12. Leito de secagem.



Fonte: Autor (2018).

No segundo período estudado (2016 - 2018), o lodo retirado dos decantadores é encaminhado para uma elevatória de lodo que recalca este resíduo para um tanque de equalização. Uma bomba acoplada à prensa parafuso é responsável por succionar o lodo à uma vazão controlada e alimentar a prensa parafuso.

Por meio da Interface Homem-Máquina (IHM) o operador faz o *setup* dos parâmetros para alimentação do equipamento: vazão de alimentação de lodo (m^3/h) e concentração do polímero (ppm) (Figura 13).

Os polímeros podem ser catiônicos, aniônicos ou não-iônicos, os polímeros aniônicos e não iônicos irão formar uma espécie de “ponte” entre a sua cadeia e as partículas já coaguladas, formando flocos de diâmetros maiores, os polímeros catiônicos possuem a função de neutralizar as cargas elétricas superficiais que envolvem os sólidos suspensos e ampliar o tamanho dos flocos formados (BERNARDO, 2002). Os polímeros catiônicos são usualmente mais utilizados no tratamento de lamas orgânicas.

Haak (2011) em sua investigação experimental verificou que os polímeros catiônicos são mais eficientes na floculação de lodo não oxidado, obtendo um consumo 30% menor que outros polímeros. No presente trabalho o polímero utilizado foi o catiônico a uma concentração de 1ppm.

Figura 13. IHM do Skid.



Fonte: Autor (2018).

Primeiramente é iniciada a preparação da solução de polímero catiônico. O polímero granulado é adicionado a um compartimento na parte superior do equipamento (Figura 14) e a solução é preparada de forma automática e injetada na linha de alimentação de lodo, na entrada do reator de mistura.

Figura 14. Preparador da solução de polímero.



Fonte: Autor (2018).

O lodo bruto adicionado de polímero passa pelo Reator de mistura onde ocorrerá a formação de flocos (Figura 15).

Figura 15. Reator de Mistura.



Fonte: Autor (2018).

Constantemente o operador avalia visualmente as condições de floculação do lodo por meio de tomada de amostras do lodo floculado e com o líquido proveniente do desaguamento. Na figura 16 é possível identificar os diversos equipamentos que constituem o conjunto pré montado.

Figura 16. Visão Geral do SKID.



Fonte: Autor (2018).

O líquido filtrado é captado por uma tubulação que o encaminha novamente para a EEB (Figura 17).

Figura 17. Fase líquida extraída do lodo.



Fonte: Autor (2018).

No final do processo, o lodo desaguado é conduzido a uma câmara de descarte (Figura 18), e posteriormente destinado a um aterro sanitário.

Figura 18. Lodo desidratado lançado em caçamba estacionária.



Fonte: Autor (2018).

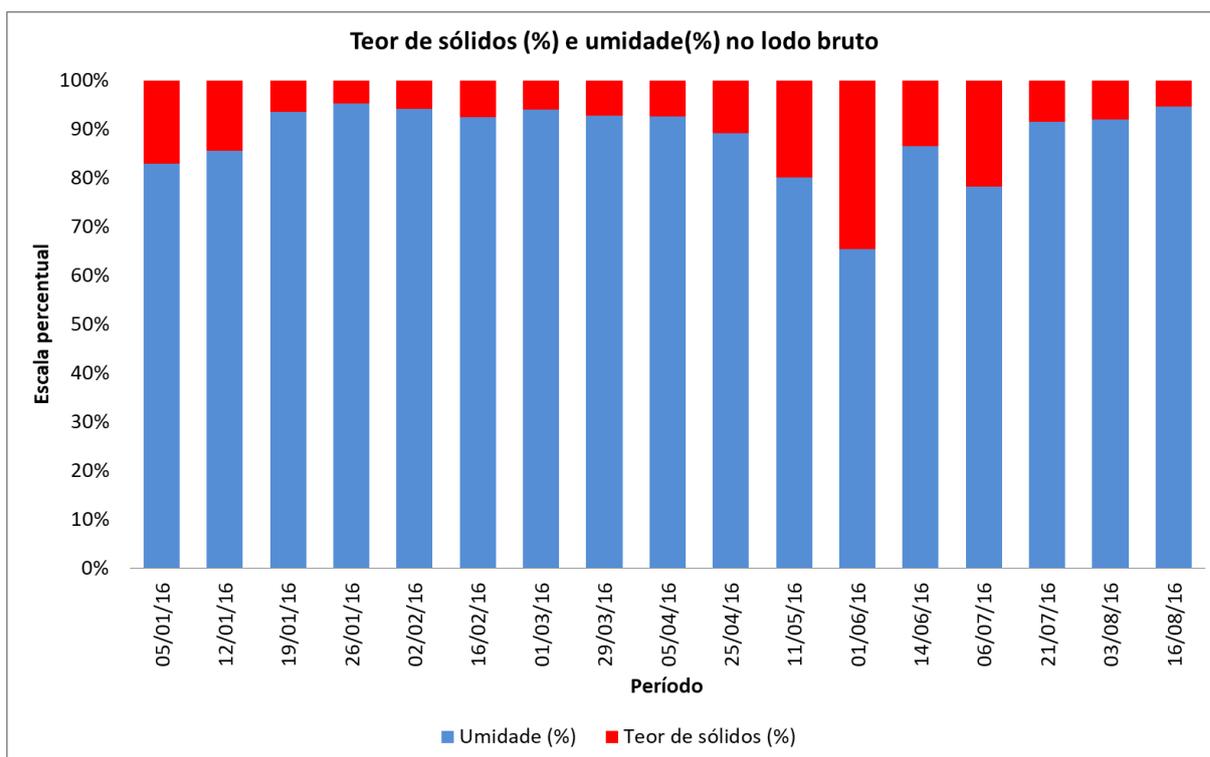
O equipamento é provido de um sistema automático de limpeza, a cada 30 minutos o processo é paralisado para realizar autolavagem, esse mecanismo minimiza desgastes aos componentes mecânicos e evita obstruções. Em caso de paradas longas da operação do equipamento é necessário realizar uma lavagem completa, esta ação é essencial para evitar que o material residual endureça e cause obstruções nas cavidades do equipamento.

5.2. Caracterização do lodo bruto e desaguado

5.2.1. Caracterização do lodo bruto

Os resultados de teor de sólidos e umidade do lodo bruto apresentam valor médio de 12% e 88 %, respectivamente, ao longo de janeiro e agosto de 2016 (Gráfico 2).

Gráfico 2. Teor de sólidos e umidade no lodo bruto.

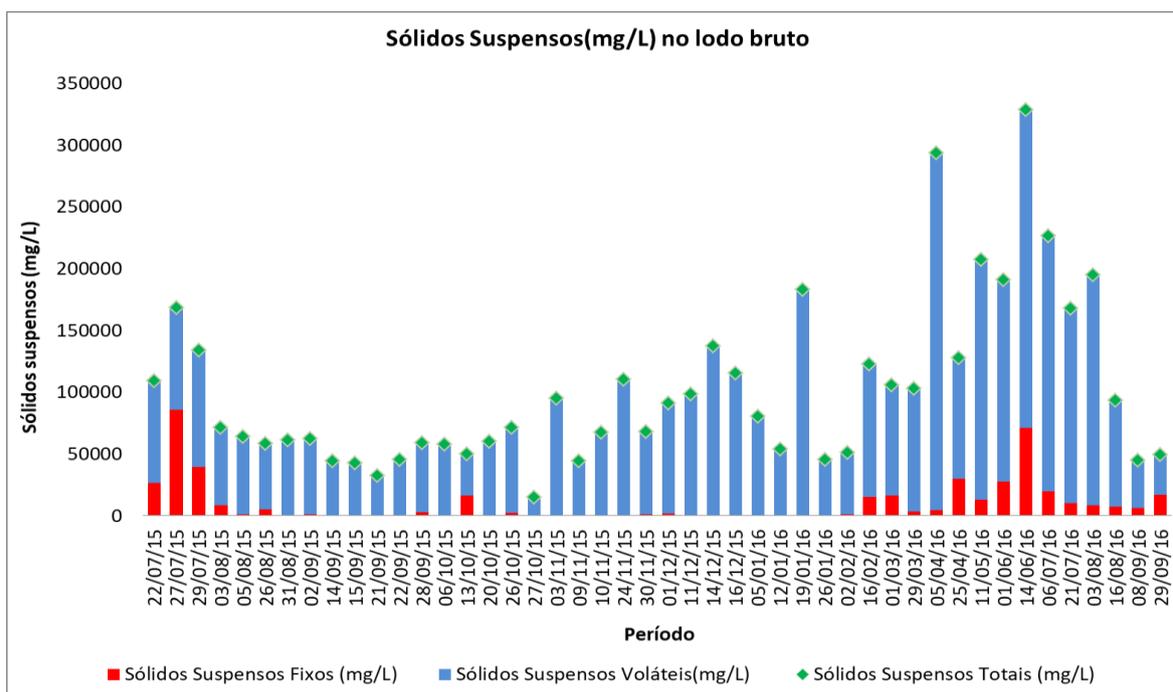


Fonte: Autor (2018).

Ross (2015) obteve um teor de sólidos de 3,73 % em lodo bruto proveniente de Reator anaeróbio. Jordão e Pessôa (2005) mencionam que lodo proveniente de etapas de tratamento primário possui teor de sólidos entre 2 - 7%. Segundo Sperling e Gonçalves (2001) a faixa características de TS para lodos primários é de 2 - 6%. O alto teor de sólidos obtido nas amostras de lodo da “ETE A” indicam a necessidade de retirada de um maior volume de lodo dos decantadores.

Os sólidos voláteis são utilizados para medir a matéria orgânica biodegradável, já os sólidos fixos, são o resíduo restante após a amostra passar por ignição, essa relação de sólidos fixos e voláteis, geralmente, é utilizada para caracterizar a presença de matéria orgânica nos esgotos (METCALF; EDDY, 2003). O monitoramento dos teores de sólidos fixos e voláteis são indicadores da natureza do lodo, devido à correspondência existente entre a matéria orgânica e os sólidos voláteis (BRAILE; CALVACANTI, 1993) (Gráfico 3).

Gráfico 3. Sólidos Suspensos no lodo bruto.



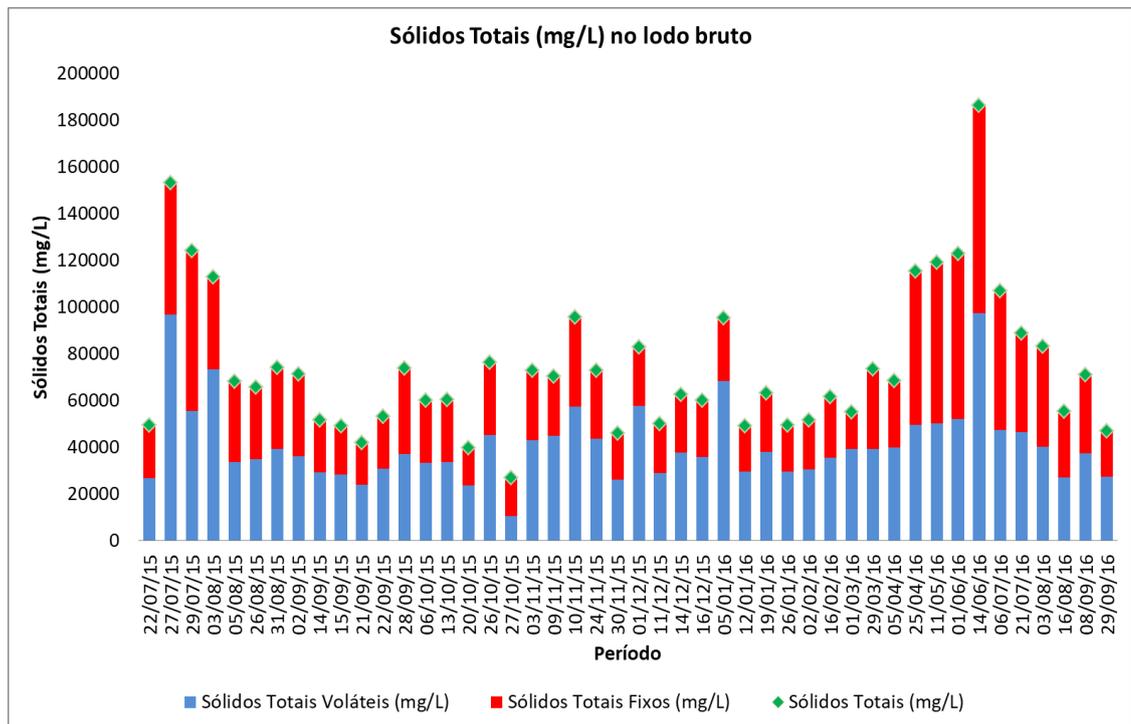
Fonte: Autor (2018).

De acordo com Piveli (2015) a relação SSV/SST representa o grau de mineralização de lodos, para o qual o valor de SSV/SST igual a 1,0 representa a mineralização total da matéria orgânica.

A relação de SSV/SST para o lodo em estudo foi de 0,91 o que permite constatar que o lodo apresenta um alto grau de mineralização (Gráfico 4).

Segundo Sperling e Gonçalves (2001) a faixa características de SSV/SST para lodos primários é de 0,75 – 0,8, para o autor o lodo de esgoto caracteriza-se como uma suspensão de sólidos orgânicos e em menor proporção, inorgânicos. Abreu (2003) e Ramos (2008), apresentaram valores de SSV/SST iguais a 77% e 74%, respectivamente.

Gráfico 4. Sólidos totais no lodo bruto.



Fonte: Autor (2018).

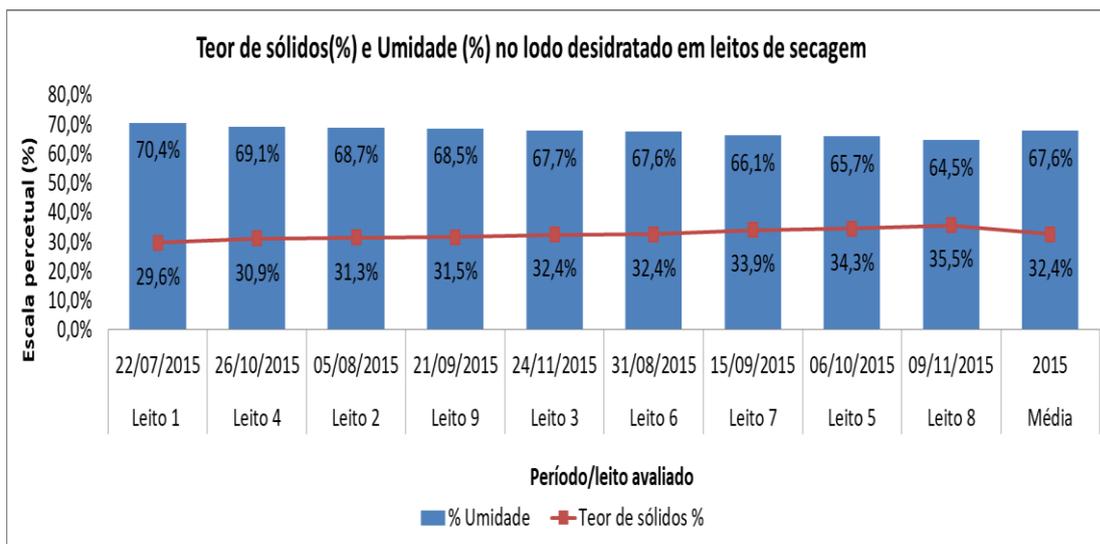
A relação STV/ST (gráfico 4) no lodo analisado foi de 0,55. Bittencourt *et al.* (2012) apresenta uma relação STV/ST de 0,47 indicando um lodo com boa estabilidade.

5.2.2. Eficiência de desaguamento do lodo nos leitos de secagem em relação aos parâmetros de Umidade (%) e TS (%)

Para o estudo as amostras de lodo desidratadas em leitos de secagem foram tomadas após um intervalo de 20 dias da disposição inicial. Esse intervalo de tempo foi adotado com base no estudo literário (Quadro 1), onde verificou-se a média de tempo encontrada por autores diversos para resultados expressivos de remoção de umidade em leitos de secagem.

Pelo gráfico 5 observa-se que a média de Umidade e Teor de sólidos obtidos nas 9 amostras foi de 67,6% e 32,4%, respectivamente.

Gráfico 5. Teor de sólidos e umidade no lodo desidratado em leitos de secagem.



Fonte: Autor (2018).

Os resultados encontram-se compatíveis com o estudo realizado por Aisse e Andreoli (1999) em uma ETE na Lapa-SP, onde o tempo de secagem por meio de leito de secagem resultante foi de 14 dias, para obter-se ST=25,8 e 26,6%, e de 20 dias para obter-se ST=30,6 e 31,3% em dias no verão e no inverno foi de 29 dias para obter-se ST de 27,6%. A “ETE A” possuía 9 leitos de secagem, cada um com dimensões de 22 m de comprimento, 8,5 m de largura e altura da lamina de lodo adotada em 0,4m. O volume total disponível para aplicação de lodo era 673,20m³, adotado um intervalo de tempo de secagem teórico de 20 dias, a capacidade teórica de desaguamento de lodo era de 33,66 m³/dia.

A produção de lodo teórica na ETE A pode ser obtida através da seguinte equação:

$$\text{Massa de lodo sedimentada (kg/d)} = Q \text{ (m}^3\text{/d)} \times \text{DBO}(\%) \times \text{SST}_{\text{entrada}} \text{ (mg/L)}$$

Onde:

$$Q \text{ (m}^3\text{/d)} = \text{Vazão afluente à estação} = 23933 \text{ m}^3\text{/d.}$$

DBO (%) = Eficiência de remoção de DBO esperada = 60 % (Legislação federal).

$$\text{SST}_{\text{entrada}} \text{ (mg/L)} = 150 \text{ mg/L.}$$

$$\text{Logo, a Massa de lodo sedimentada (kg/d)} = 2.154 \text{ Kg/d.}$$

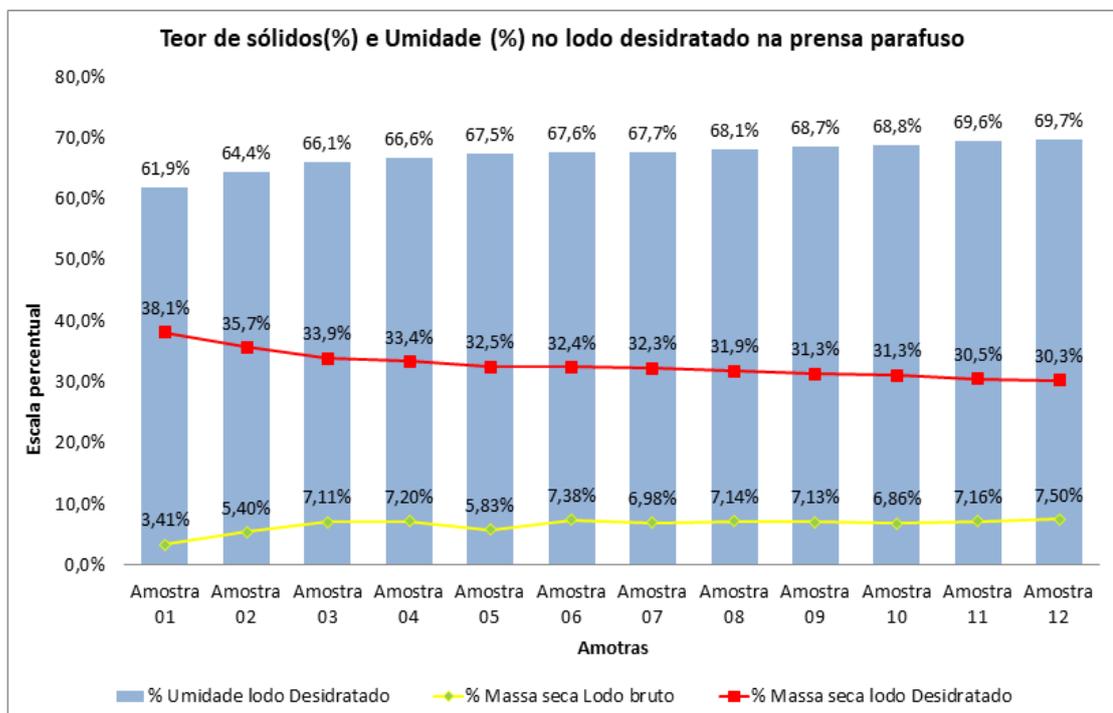
Para uma concentração de sólidos espera no lodo bruto de 3%, o volume de lodo produzido diariamente seria a Massa de lodo sedimentada (kg/d) dividido pelo teor de sólidos no lodo = $2.154 / 0,03 = 71.798\text{L/d}$ ou $72 \text{ m}^3/\text{d}$.

Assim, no período de 2014 á 2015, se a única alternativa de desaguamento de lodo na “ETE A” fossem os leitos de secagem existentes, o processo de tratamento primário operava com uma defasagem de retirada de lodo de $38 \text{ m}^3/\text{d}$.

5.2.3. Eficiência de desaguamento do lodo na prensa parafuso em relação aos parâmetros de Unidade (%) e TS (%) e captura de sólidos

A prensa parafuso estudada, em operação contínua, possui capacidade de desaguamento de lodo de $480 \text{ m}^3/\text{d}$. O aumento na eficiência do processo de tratamento primário após incorporação deste equipamento está relacionado com o aumento na capacidade de processamento de lodo e conseqüentemente com o aumento na retirada de lodo dos decantardes.

Gráfico 6. Teor de sólidos e umidade no lodo desidratado na prensa parafuso.



Fonte: Autor (2018).

Para a prensa parafuso foi obtido um valor médio de TS de 33%, Umidade de 67% (Gráfico 6), resultados semelhantes ao encontrado em literatura para desaguamento em filtro prensa (Quadro 1).

Quadro 1. Resultados médios dos tipos de deságue em relação ao teor de sólidos atingido e o ciclo de operação

Processo	Teor de sólidos da Torta (%)	Captura de Sólidos (%)	Ciclo de Operação
Filtro prensa	38 - 48	90 - 87	
Filtros de esteira - Prensa Desaguadora	15 - 25	85 - 98	
Centrifugas (Tipo Decanter)	25 - 35	98 - 99	
Leitos de Secagem	30	n.a.	20 dias
Bolsas Desaguadoras	15 - 40	n.a.	1 dia

Fonte: Naturaltec (2018).

Kang e Jin (2001) analisaram a eficiência de desaguamento da prensa parafuso alimentando o equipamento com lodo residual do tratamento de efluentes provenientes da suinocultura a uma concentração inicial de matéria sólida (TS) de 12,6% e obtiveram concentrações de matéria sólida (TS) entre 35% e 42% após o tratamento.

Observa-se, no gráfico 6, que o TS (%) do lodo desidratado é maior quando o lodo bruto tem TS (%) menor que 5 %, esse dado corrobora a orientação dos fabricantes que indicam que a prensa parafuso alcança melhores resultado ao serem alimentadas com lodo com concentração de sólido entre 1-3%.

Para o parâmetro de captura de sólidos (Tabela 1) o valor médio obtido foi de 99,6%. Miki e Sobrinho (1999) em seus experimentos de desidratação do lodo da ETE Barueri - SP com filtro prensa de placas do tipo membrana diafragma, utilizando condicionamento de lodo com polímeros catiônicos, obteve captura de sólidos em torno de 98,6%.

Tabela 1. TS (%) e captura de sólidos obtidos nas amostras tomados da prensa parafuso.

Amostras	TS (%) do Lodo bruto	TS (%) do lodo Desidratado	TS (%) do Líquido Drenado	Captura de sólidos no líquido drenado
Amostra 01	3,41%	38,1%	0,25%	92,67%
Amostra 02	5,40%	35,7%	0,27%	95,00%
Amostra 03	7,11%	33,9%	0,40%	94,37%
Amostra 04	7,20%	33,4%	0,72%	90,00%
Amostra 05	5,83%	32,5%	0,40%	93,14%
Amostra 06	7,38%	32,4%	0,33%	95,53%
Amostra 07	6,98%	32,3%	0,42%	93,98%
Amostra 08	7,14%	31,9%	0,48%	93,28%
Amostra 09	7,13%	31,3%	0,28%	96,07%
Amostra 10	6,86%	31,3%	0,25%	96,36%
Amostra 11	7,16%	30,5%	0,45%	93,71%
Amostra 12	7,50%	30,3%	0,60%	91,99%

Fonte: Autor (2018).

O equipamento tem apresentado um ótimo rendimento, o alto percentual de massa seca na torta contribui para diminuição de custos com transporte e disposição em aterro (Figura 19).

Figura 19. Lodo bruto, torta de lodo desaguada e efluente drenado.



Fonte: Autor (2018).

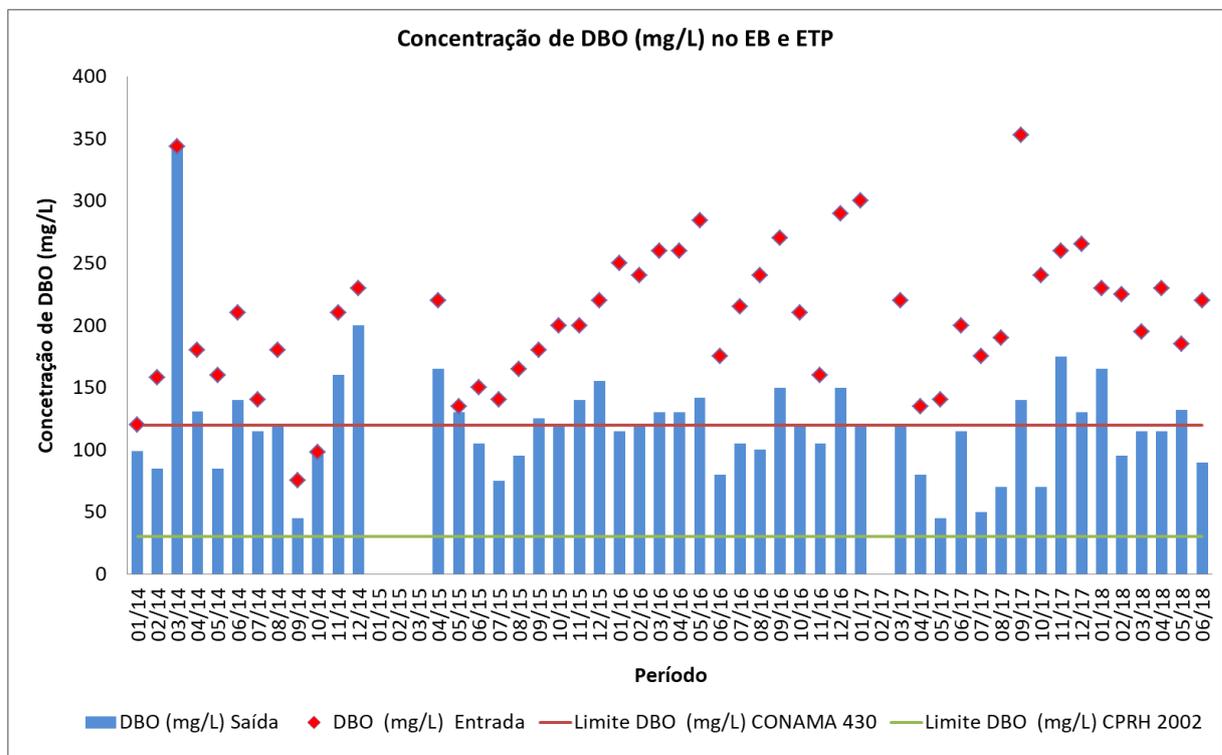
Após a adoção da nova tecnologia, foram minimizados os impactos e riscos à saúde dos operados com a desativação dos leitos, pois a limpeza destes ofereciam riscos ergonômicos e exposição à ambiente insalubre.

O principal mérito da incorporação do equipamento é o ganho de eficiência da unidade com a retirada de lodo adequada da etapa de tratamento primário.

5.3. Caracterização dos efluentes brutos e efluentes tratados na etapa primária

Para o parâmetro de DBO (Gráfico 7), os resultados médios alcançados ao longo dos dois períodos de análise foram 177mg/L no período 2014 a 2015 e 228mg/L durante o período entre 2016 e 2018 para o EB, ambos os resultados estão abaixo da média descrita por Von Sperling e Gonçalves (2001) que é 300 mg/L de DBO para esgotos domésticos. Já Jordão e Pessoa (2011) estabelecem uma faixa característica de concentração de DBO para esgotos domésticos, que varia de 100 à 400 mg/l. Em estudos realizados por Albuquerque *et al.* (2009) na ETE Peixinhos em Olinda-PE, no período de 2007 a 2009, foram encontradas concentrações de DBO no efluente bruto de 152,91mg/L. Outro estudo realizado em uma ETE em Natal-RN em 06/2011 obteve concentrações de DBO no efluente bruto de 439,59 mg/L (OLIVEIRA *et al.*, 2016).

Gráfico 7. Concentração de DBO no EB e ETP.



Fonte: Autor (2018).

Metcalf e Eddy (2003) classificam os esgotos domésticos de acordo com a concentração de poluentes (Quadro 2).

Quadro 2. Concentrações em esgotos para esgoto bruto.

Característica	Forte	Médio	Fraco
DBO _{5,20} (mg/L)	400	220	110
Óleos e Graxas (mg/L)	150	100	50
Sólidos em Suspensão Totais (mg/L)	350	220	100
Sólidos Sedimentáveis (mL/L)	20	10	5

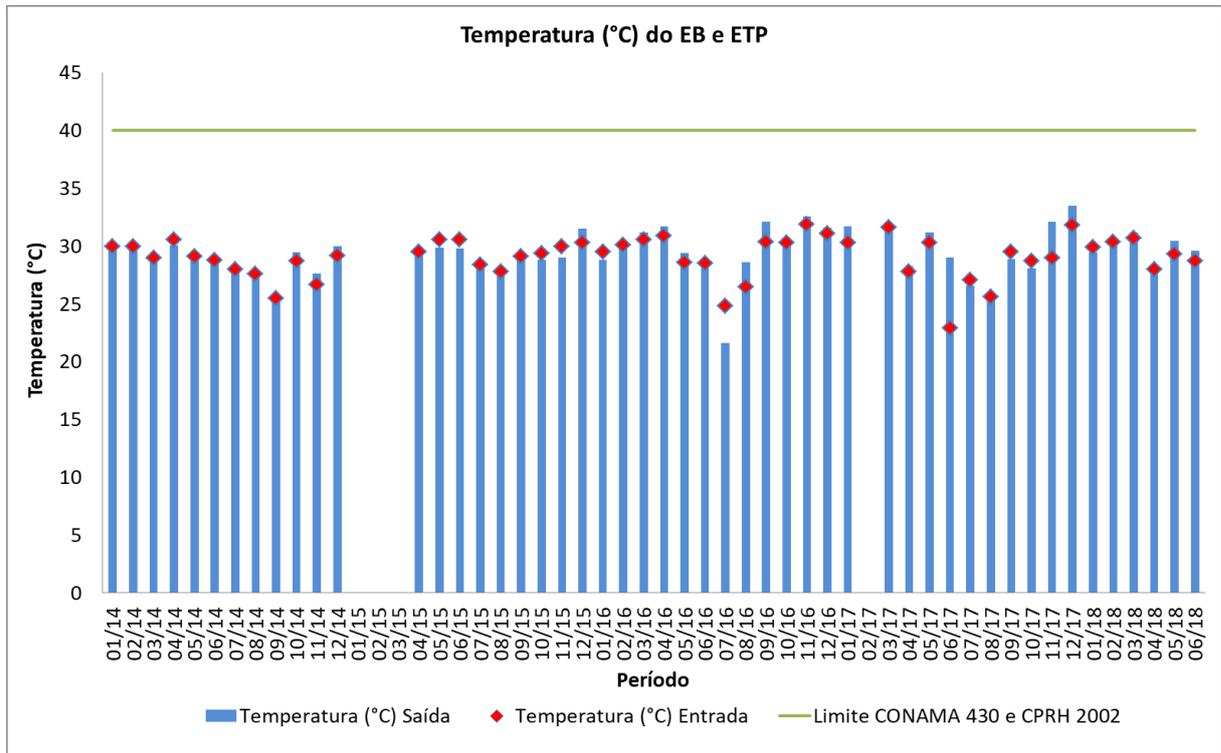
Fonte: Metcalf e Eddy (2003)

A concentração de DBO encontrada nos dois períodos indicam que o esgoto afluente à “ETE A” tem características de esgoto fraco à médio, com possíveis contribuições de águas de infiltração nas redes coletoras e sistemas de rede mistas para esgotamento e drenagem. Marçal e Silva (2017) corroboram a afirmar a influência das precipitações para os resultados dos esgotos afluentes as estações.

O resultado de concentração média de DBO no ETP entre 2014 e 2015 foi de 130mg/L e 113mg/L no período entre 2016 e 2017. No segundo período o valor médio esteve abaixo do limite estabelecido na legislação federal, embora tenha tido meses onde esse resultado não foi alcançado, visto que o processo analisado tratar-se apenas no tratamento primário o principal ganho em relação ao primeiro período foi a diminuição da concentração de DBO e consequente diminuição da sobrecarga nas etapas subsequentes.

Os resultados da temperatura dos EB e ETP estão em compatibilidade com os requisitos legais da resolução Conama e do CPRH com resultado médio de 29° C para o EB e 29° C para o ETP, em conformidade com o limite de 40,0 °C estabelecido para lançamento de esgoto doméstico tratado (Gráfico 8). A baixa variação deste parâmetro era esperada e está relacionada com as características climáticas da região onde a “ETE A” está localizada. A cidade do Recife - PE tem um clima tropical úmido, com temperaturas médias superiores a 18 °C e baixas amplitudes térmicas (CONDEPE, 2015).

Gráfico 8. Temperatura do EB e ETP.

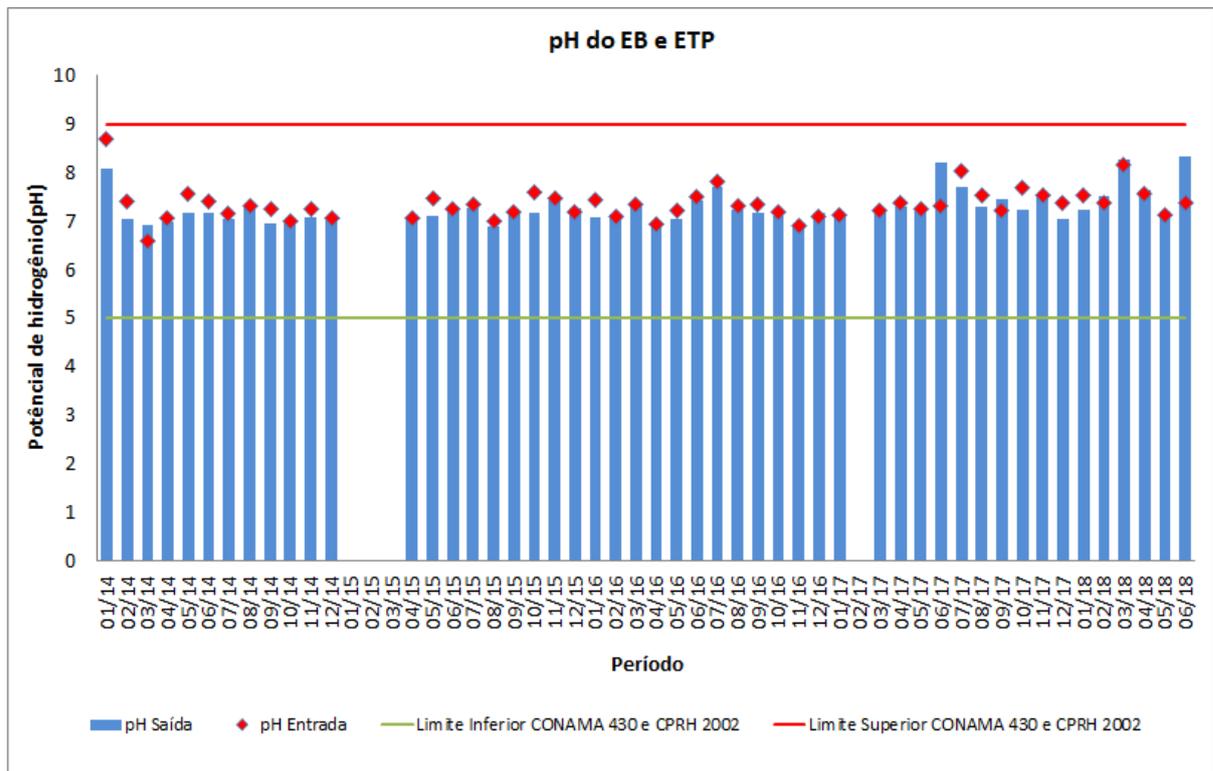


Fonte: Autor (2018).

Para Marçal e Silva (2017) os resultados de EB ficaram entre 30 e 34° C e para o Efluente Tratado (ET) ficou entre 29 e 32° C. Para Victoretti (1973) a temperatura é uma das características mais importante no tratamento do esgoto doméstico, pois os fatores físicos, químicos e biológicos são afetados diretamente pela variação de temperatura. Klusener (2006) afirma que a queda de temperatura reduz a atividade biológica.

Os valores registrados para o pH permaneceram dentro do recomendado pelas resoluções Conama n. 430, que definem limites entre 5 e 9. A média do pH para o corpo o EB e ETP foi de 7,3 e 7,4, respectivamente (Gráfico 9).

Gráfico 9. pH do EB e ETP.

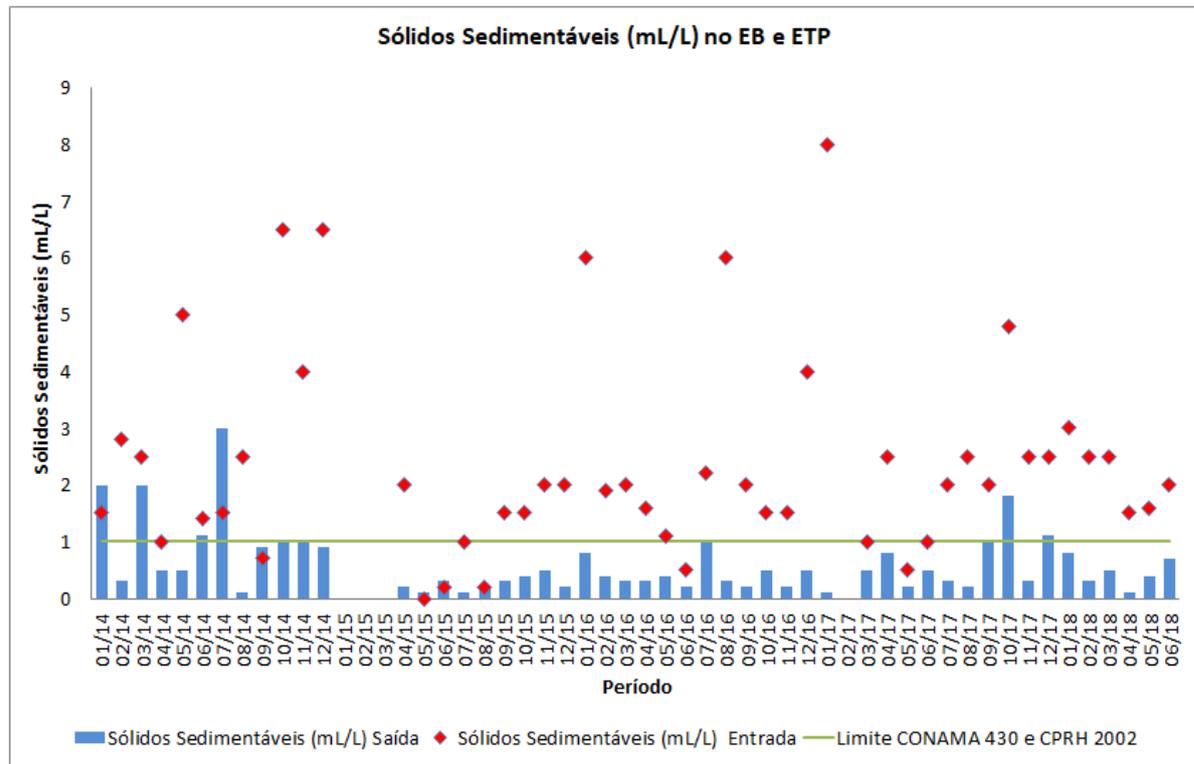


Fonte: Autor (2018).

Os resultados do efluente estudado tiveram variações menores que as de Marçal e Silva (2017), os resultados de EB teve variação de 1,5 quanto que o do ETP ficou em 1 ponto na escala do pH, para o estudo de Marçal e Silva a variação ficou de 2 pontos para EB e ET.

Para a concentração de SSed foram obtidos valores médios de 2,36 mL/L para o EB, que enquadra o esgoto como fraco pela classificação de Metcalf e Eddy (2003) Quadro 2. No ETP as concentrações foram de 0,74mL/L para o período entre 2014 - 2015, já no segundo período(2016-2018) a concentração teve uma queda alcançando valor médio de 0,51 mL/L. Após incorporação da prensa parafuso ao processo de tratamento e conseqüente aumento no volume e lodo retirado da etapa primária, A “ETE A” passou a ter mais melhores resultados de remoção de sólidos sedimentáveis, tendo valores acima do permitido pela legislação apenas outubro e dezembro de 2017 (Gráfico 10).

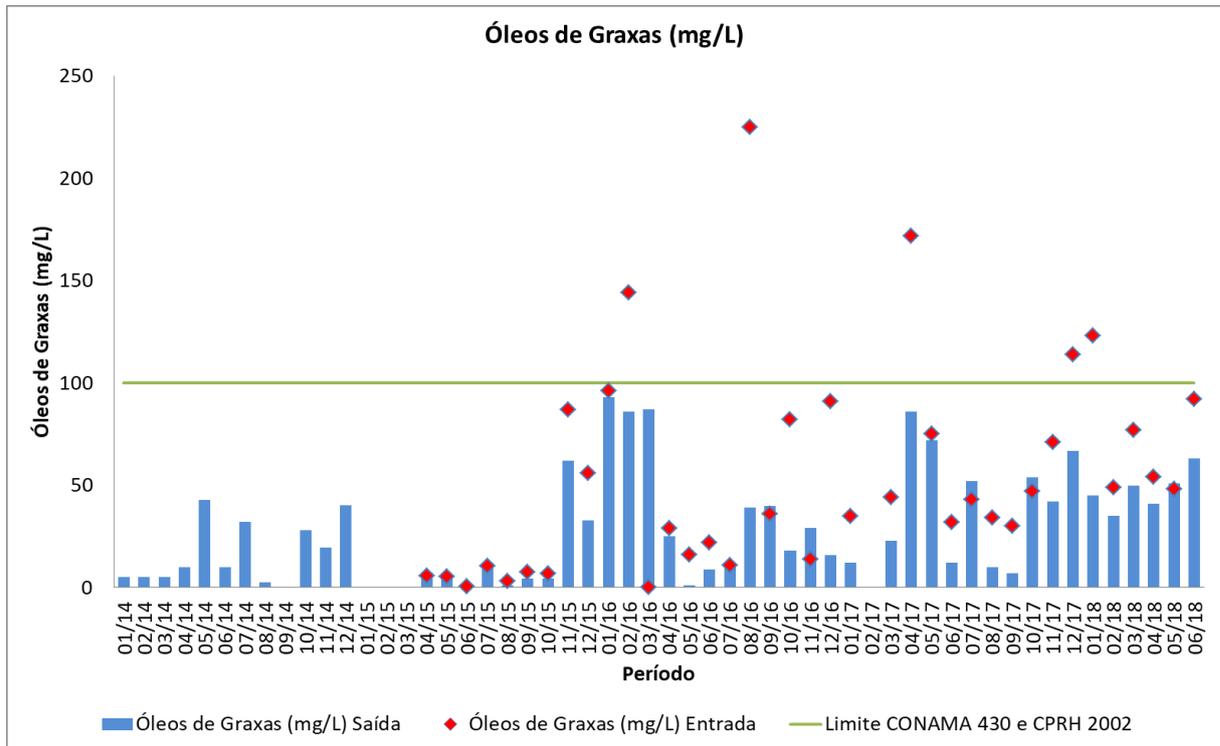
Gráfico 10. Sólidos Sedimentáveis no EB e ETP.



Fonte: Autor (2018).

Para o parâmetro de Óleos e Graxas (O&G) foram obtidas concentrações médias de 44 mg/L para o EB, que enquadra o esgoto como fraco pela classificação de Metcalf e Eddy (2003) Quadro 2. No ETP a concentração média foi de 28 mg/L. Durante todo período analisado a “ETE A” alcançou valores de O&G dentro dos limites estabelecidos pela legislação (Gráfico 11) já na etapa primária o que melhora o desempenho da ETE como um todo pois na etapa secundária o excesso deste poluente causa dificuldade de degradação em processos biológicos, nos corpos receptores formam um filme impedindo a transferência de oxigênio do ar para a água.

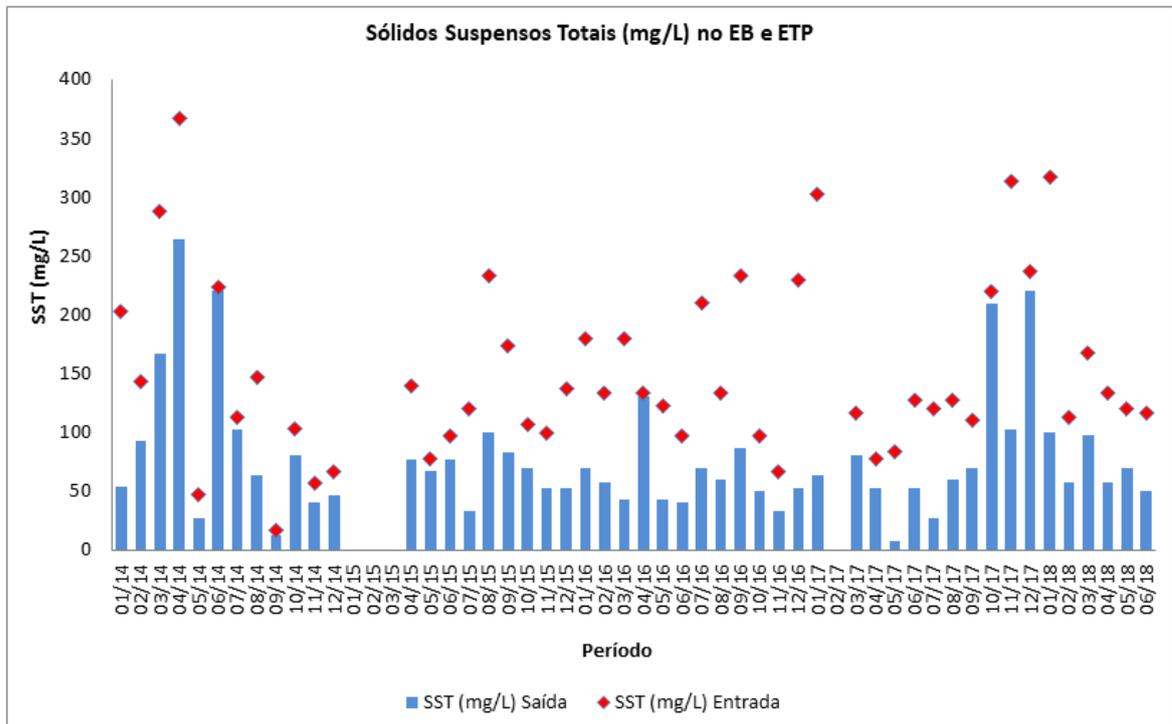
Gráfico 11. Óleos e graxas.



Fonte: Autor (2018).

O SST é um indicador importante de qualidade do tratamento primário, pois sua remoção está diretamente relacionada com a remoção da carga orgânica poluidora, nos processos primários a carga orgânica removida está associada, em sua maioria, à sedimentação das partículas orgânicas em suspensão (Gráfico 12). Para o EB foi obtida uma concentração média de 150 mg/L, que enquadra o esgoto como fraco à médio pela classificação de Metcalf e Eddy (2003). No ETP a concentração média foi de 79 mg/L.

Gráfico 12. Sólidos Suspensos Totais no EB e ETP.



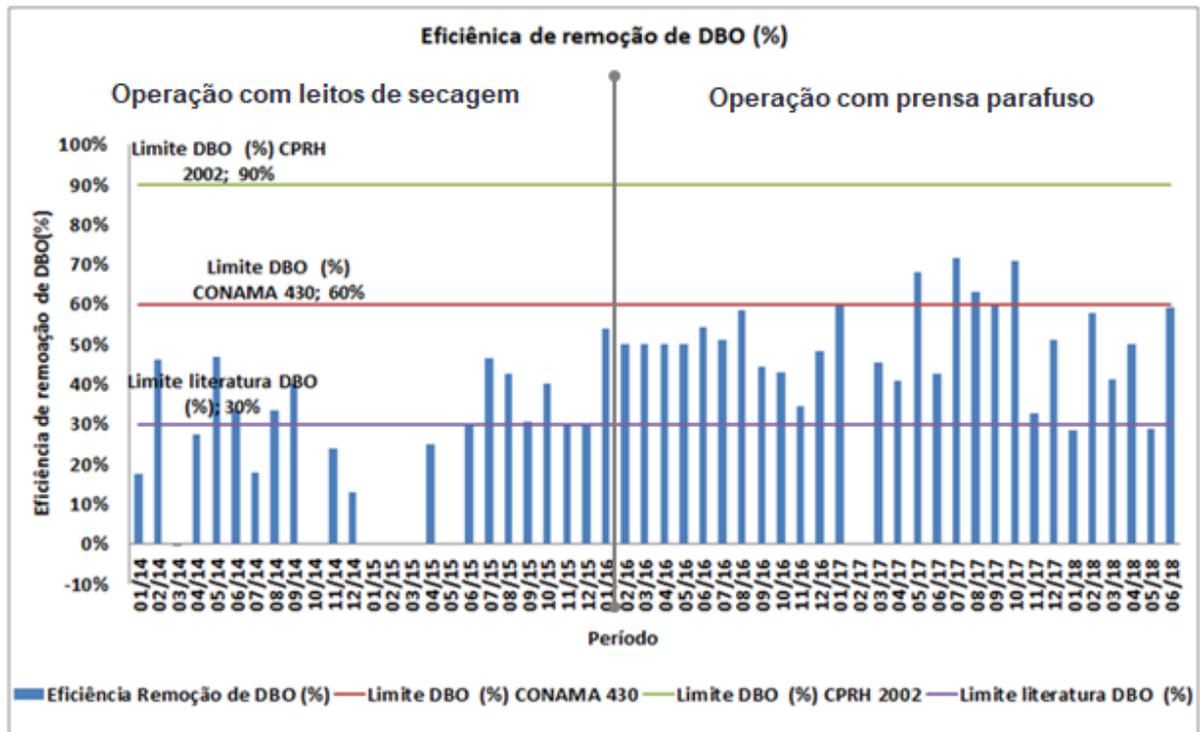
Fonte: Autor (2018).

Em uma avaliação geral, pode-se concluir que o esgoto afluente à “ETE A” possui características de esgoto fraco resultado de possíveis diluições ocasionadas por contribuições de águas de infiltração nas redes coletoras e sistemas de rede mistas para esgotamento e drenagem.

5.4. Eficiência do tratamento primário com uso da prensa parafuso

Através do gráfico 13 é possível acompanhar o histórico de remoção de DBO da unidade, no primeiro período (2014 - 2015) a “ETE A” utilizava os leitos de secagem para desaguamento de lodo o que limitava a capacidade de remoção de lodo dos decantadores obtendo uma remoção média de DBO de 26%.

Gráfico 13. Eficiência de remoção de DBO (%).

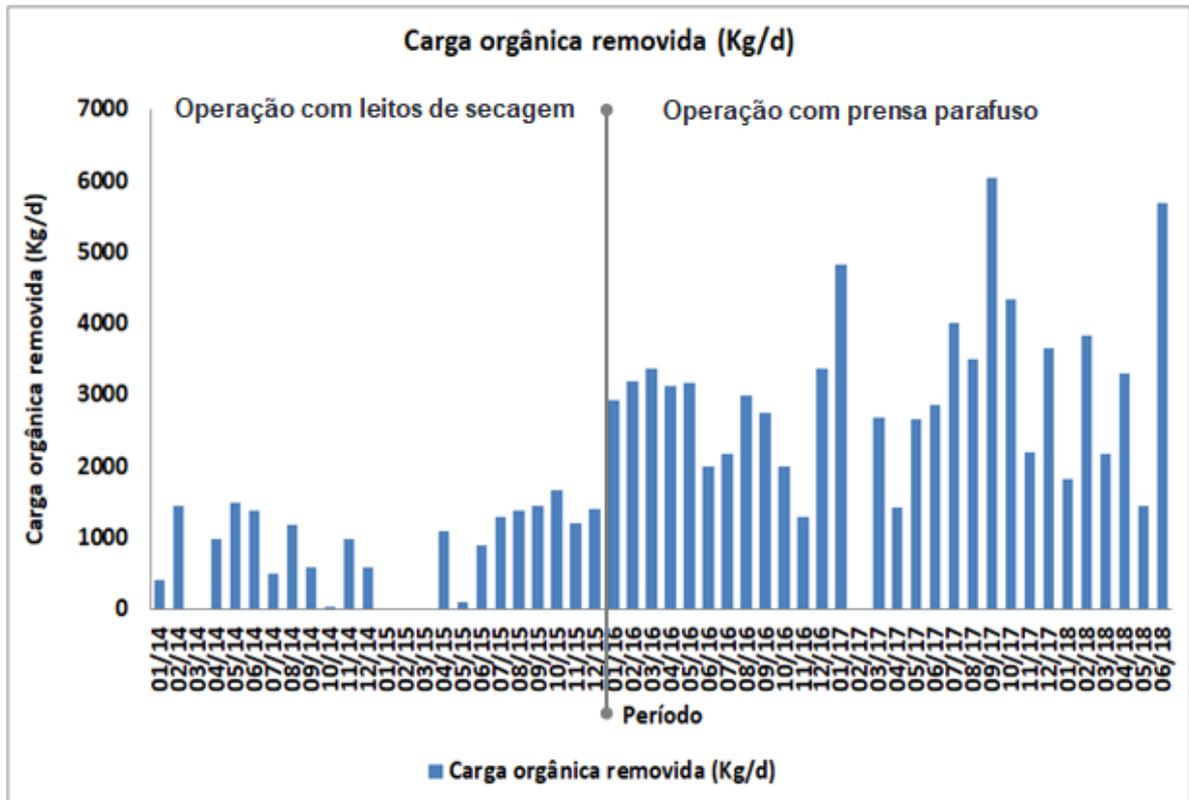


Fonte: Autor (2018).

Entre 2016 e 2018, com a implantação da prensa parafuso, o volume de lodo retirado dos decantadores aumentou e a remoção média de DBO na etapa primária passou para 51% (Gráfico 13).

Em uma ETE em Goiânia-GO, a eficiência de remoção média alcançada foi 50% de DBO para o tratamento primário (FIGUEIREDO *et al.*, 2011).

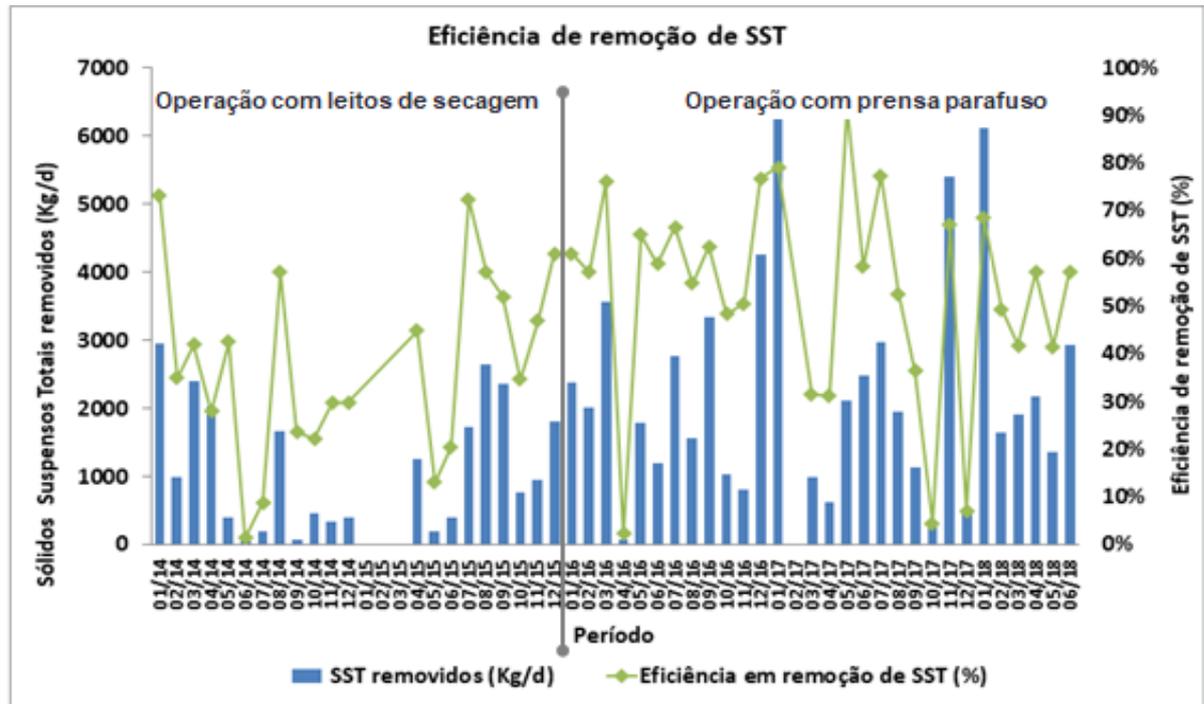
Gráfico 14. Carga orgânica removida (kg/d).



Fonte: Autor (2018).

O gráfico 14 mostra a evolução na remoção de carga orgânica da etapa de tratamento primário da “ETE A”. A taxa média de remoção de carga orgânica em 2014 e 2015 foi de 957,38kg/d enquanto que em 2016 e 2018 a média da remoção foi de 3.063,17kg/d, que corresponde a um ganho 220% em relação ao primeiro período.

Gráfico 15. Eficiência de remoção de SST.



Fonte: Autor (2018).

A eficiência de remoção de SST (%) entre 2014 e 2015 foi de 38% e para o período de 2016 a 2018 foi de 53% (gráfico 15). Para Jordão e Pessôa (2011) a remoção de SST de um tratamento primário fica entre 40 e 50%. As remoções de SST ficaram na média de 49%, resultado compatível com os resultados (COLARES; SANDRI, 2013).

A taxa média remoção de SST entre 2014 e 2015 foi de 1.148,13kg/d e para o período de 2016 a 2018 foi de 2269,09 kg/d, correspondendo a um ganho de 98% em relação ao primeiro período.

6. CONCLUSÃO

De uma forma geral o trabalho atendeu aos objetivos previstos, o uso da prensa parafuso elevou a eficiência de remoção de Demanda Bioquímica de Oxigênio e os Sólidos Suspensos Totais da etapa de tratamento primário.

A geração do fluxograma ilustrando as etapas envolvidas no tratamento do efluente e do lodo possibilitou identificar a sequência operacional que caracteriza as etapas envolvidas no trabalho, facilitando o entendimento e fluxo de informações.

A caracterização do lodo indicou que o mesmo é composto por alta parcela de Sólidos Suspensos Voláteis, indicando alto grau de mineralização 0,91 na relação entre de Sólidos Suspensos Voláteis e os Sólidos Suspensos Totais. O teor de sólidos de 12% acima da faixa característica de lodo primários (2-7%), indica a necessidade de maior volume de descarte de lodo do decantadores.

Pelos resultados obtidos na caracterização do efluente, verificou-se que o Efluente Bruto afluente à estação possui características de esgoto doméstico fraco ou diluído, possivelmente resultante das contribuições de águas de infiltração nas redes coletoras e sistemas de rede mistos para esgotamento e drenagem.

Os resultados médios de Unidade (%) e TS (%) para o lodo desaguado em leitos de secagem foram de 67,6% e 32,4%, respectivamente, e 67% e 33% para a prensa. Apesar dos resultados similares a prensa parafuso mostrou ter as seguintes vantagens: diminuição do tempo e aumento da capacidade de processamento de lodo; baixa exposição do operador a condições insalubres e diminuição da necessidade de mão de obra; mitigação da liberação de odores desagradáveis e proliferação de moscas de insetos.

Com o aumento da eficiência na remoção de DBO a unidade passou de lançar menos poluente no corpo receptor reduzindo os impactos ambientais. Uma vez que a média da eficiência para o parâmetro DBO em 2014 a 2015 era de 26% e com a utilização da prensa parafuso em 2016 a 2018 foi alcançado o resultado de 51%, resultado superior ao esperado para processos primários (30%).

Com a implantação da prensa parafuso foi obtida uma remoção de carga orgânica 220% maior que o processo anterior. A taxa média remoção de SST teve um ganho de 98%.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5626:1998. Instalação prediais de água fria. Rio de Janeiro. 1998.

ABREU, T. A. (2003) - **Hidrólise Química Visando a Solubilização da Matéria Orgânica e a Higienização de Lodos Aeróbio e Anaeróbio de Estações de Tratamento de esgotos Sanitários**. 2003. 119 f. Dissertação de mestrado - Programa de Mestrado em engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória.

AISSE, M. M.; ANDREOLI, F. N. Estudo da desidratação do lodo anaeróbio, obtido em reatores tipo RALF, através do uso de leitos de secagem e de centrífuga tipo decanter. **SANARE: Revista Técnica da Sanepar**, Curitiba, PR, v.11, n.11, p.37-43, 1999. Disponível em: <http://www.sanepar.com.br/sanepar/sanare/v11/Estudo/estudo.html>

ALBUQUERQUE, C. G.; TAVARES, R. G.; SILVA, V. P.; BIONE, M. A. Relação entre os valores de DQO e DBO da estação de tratamento de esgoto de peixinhos em Olinda-PE. In: JEPEX. UFRPE. Recife. **Anais**. Disponível em: <http://www.eventosufrpe.com.br/jepex2009/cd/resumos/r0549-3.pdf>

ANDRADE, C.F.; SILVA, C.; OLIVEIRA, F. Gestão ambiental em saneamento: uma revisão das alternativas para tratamento e disposição do lodo de ETA. In: V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Belo Horizonte, 2014. **Anais**.

APHA. American Public Health Association. **Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater**. 22 ed. Washington: APHA, 2012.

BITTENCOURT, S.; SERRAT, B. M.; AISSE, M. M. MARIN, M. K. S. M. SIMÃO, C. C. Aplicação de lodos de estações de tratamento de água e de tratamento de esgoto em solo degradado. **Engenharia Sanitária e Ambiental [online]**, v.17, n.3, p.315-324, 2012. DOI: [www.http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522012000300008](http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522012000300008).

BORGES, N. B. **Aproveitamento dos resíduos gerados no tratamento preliminar de estações de tratamento de esgoto**. 2014. 234 f. Tese (Doutorado em Ciências: Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2014.

BORJA, P. C. Política pública de saneamento básico: uma análise da recente experiência brasileira. **Saúde Sociedade**, São Paulo, v. 23, n. 2, p. 432-447, 2014. DOI: [www.http://dx.doi.org/10.1590/S0104-12902014000200007](http://dx.doi.org/10.1590/S0104-12902014000200007).

BRAILE, P. M.; CAVALCANTI, J. E. W. A. **Manual de tratamento de águas residuárias industriais**. 1. ed. São Paulo: Companhia de tecnologia de saneamento ambiental – CETESB, 1993.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 8 out. 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm> Acesso em: 01 ago. 2017.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 08 jan. 2007. <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm> Acesso em: 02 ago. 2017.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 02 ago. 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm> Acesso em: 02 ago. 2017.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 08 jan. 1997. Disponível em: <<http://www.camara.gov.br/sileg/integras/154381.pdf>> Acesso em: 02 ago. 2017.

COLARES, C. J.; SANDRI, D. Eficiência do tratamento de esgoto com tanques sépticos seguidos de leitos cultivados com diferentes meios de suporte. **Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 8, n.1, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1047>

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. 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, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. **Diário Oficial [da] União**, Brasília, 16 maio 2011. Acesso em: 19 de maio de 2017. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n.º 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] União**, Brasília, 18 mar. 2005. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf> Acesso em: 19 de maio de 2017.

CONDEPE. Agência Estadual de Planejamento e Pesquisas de Pernambuco. **Os Morros da Região Metropolitana do Recife**, Recife, 2015. Disponível em: <[www.http://www2.condepefidem.pe.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=98ef7a5b-d679-42b6-87e6-5942ff8744b6&groupId=19941](http://www2.condepefidem.pe.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=98ef7a5b-d679-42b6-87e6-5942ff8744b6&groupId=19941)> Acesso em: 08 ago. 2018.

CPRH. Norma Técnica nº 2.002. Controle de carga orgânica não industrial, de 21 de fevereiro de 2000. **CPRH**. Disponível em: <http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/normas-cprh-2002.pdf>. Acesso em: 15 de maio de 2018.

FIGUEIREDO, C.; JORDÃO, P.; Tratamento primário quimicamente assistido (CEPT) e decantação primária convencional: quando aplicar?. 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Anais**. Campo Grande, 2005.

FRANCI, R. G. **Desinfecção de efluentes sanitários**. Rio de Janeiro : ABES, RiMa, 2003, 438 p.

GALIANI, S.; GERTLER, P.; SCHARGRODSKY, E. Water for life: the impact of the privatization of water services on child mortality. **Journal of Political Economy**, v. 113, n.1, 2005.

GODOY, L. C. A logística na destinação de lodo de esgoto. **Revista Científica Online Tecnologia-Gestão-Humanismo**, v. 2, n. 1, 2013. Disponível em: <<http://www.fatecguaratingueta.edu.br/revista/index.php/RCO-TGH/article/view/43/26>>

HAAK, W. **Condicionamento químico de lodo de estação de tratamento de água com monitoramento através de potencial redox**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo). 2011. 196f. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, 2011.

JORDÃO, E. P.; PESSOA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 4. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2005, 932 p.

JORDÃO, E. P.; PESSOA, C. **Tratamento de esgotos domésticos**. Rio de Janeiro, RJ: ABES, 6ª. Edição, 2011, 969p.

JORDÃO, E. P.; ALEM SOBRINHO, P. Análise crítica. In: GONÇALVES, R. F. (Coord.) **Desinfecção de efluentes sanitários**. Rio de Janeiro: ABES/RiMa, 2003. p. 409-422.

JUNDAI. **Fluxograma da ETE Jundiaí**. Prefeitura Municipal de Jundiaí. Disponível: <http://saneamento.com.br/portal/tratamento-de-esgoto/fluxograma>. Acesso em: 05 mar. 2018.

KANG, H.; JIN, C. S. Solid-liquid separation of slurry type swine wastewater using screw decanter. **Animal science journal**, v. 72, p.392-399, 2001. DOI: [www.http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordid=jp2001006548](http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordid=jp2001006548)

KJELLÉN, M.; PENSULO, C.; NORDQVIST, P.; FOGDE. M. Global review of sanitation system trends and interactions with menstrual management practices. **Stockholm Environment Institute**. 2011.

KLÜSENER, J. J. **Influência da temperatura sobre o processo de decomposição dos esgotos domésticos em lagoas facultativas**. 2006. 133f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2006.

LAZAROVA, V. et al. Advanced wastewater disinfection technologies: state of the art and perspectives. **Water Science and Technology**, v. 40, n. 4-5, p. 203-213, 1999.

LEONETTI, A. B.; PRADO, E. L.; OLIVEIRA, S. V. W. B. Saneamento básico no Brasil: considerações sobre investimentos e sustentabilidade para o século XXI. **Revista de Administração Pública-RAP**, v. 45, n. 2, p. 331-48, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rap/v45n2/03.pdf>>

MARÇAL, D. A.; SILVA, C. E. Avaliação do impacto do efluente da estação de tratamento de esgoto ETE-Pirajá sobre o Rio Parnaíba, Teresina, PI. **Engenharia Sanitária e Ambiental [online]**, v. 22, n. 4, p. 761-772, 2017. DOI: www.http:10.1590/S1413-41522017148242

MCGRANAHAN, G. Realizing the right to sanitation in deprived urban communities: meeting the challenges of collective action, coproduction, affordability, and housing tenure, **World Development**, v. 68, p. 242-253, 2015. DOI: www.https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2014.12.008.

METCALF; EDDY. **Wastewater Engineering – Treatment and Reuse**. MCGraw-Hill, Inc., 2003. 1819p.

MIKI, M. K. **Utilização de polímeros para condicionamento de lodo de ETE para desidratação em filtro prensa de placas**. 1998. 425f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1999.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Agenda 21 brasileira: ações prioritárias**. Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da agenda 21 nacional. 2. ed., 158 p., Brasília, DF, 2004. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-brasileira>>. Acesso em: 20 abr. 2017.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Agenda 21 Mundial Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento**. Rio de Janeiro, 1992. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-global>> Acesso em: 20 abr. 2017.

MURTHY, S. L. Human right (s) to water and sanitation: History, meaning, and the controversy over privatization. **The Berkeley Journal of International Law**, v. 31, n., p. 89–149, 2013. DOI: www.https://doi.org/10.15779/Z38665F

NERY, K. D. **Caracterização geotécnica e avaliação da compactação de um resíduo da produção de alumina (lama vermelha) desaguado por filtro prensa.** 2013. 144f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia e Transportes) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2013.

OKADA, T. New Screw Press Sludge Dewatering Equipment Reduction of Sludge Moisture Content with a Minimum of Operator Maintenance. **Japan Tappi Journal**. v. 51, p. 118-122, 1997. DOI: [www.https://www.jstage.jst.go.jp/article/jtappij1955/51/2/51_2_351/_pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jtappij1955/51/2/51_2_351/_pdf)

OLIVEIRA, C. M. R. Aplicabilidade de sistemas simplificados para estações de tratamento de esgoto de cidades de pequeno porte. Monografia de Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Juiz de Fora. 2014. 88p.

NATURALTEC. **Manejo de Lodo em Estações de Tratamento de Esgoto (ETE).** 2018. Disponível em: <<http://www.naturaltec.com.br/filtracao-lodo-bag/>> Acesso em: 02 jun. 2018.

PEDROZA, M. M.; VIEIRA, G. E. G.; SOUSA, J. F.; PICKLER, A. C.; LEAL, E. R. M.; MILHOMEN, C. C. Produção e tratamento de lodo de esgoto – uma revisão. **Revista Liberato**, v. 11, n. 16, 2010. Disponível em: http://www.liberato.com.br/sites/default/files/arquivos/Revista_SIER/v.%2011%2C%20n.%2016%20%282010%29/5.%20Produ%27%E3o%20e%20Tratamento%20de%20Lodo%20de%20Esgoto.pdf

PERNAMBUCO. **Fórum Estadual da Agenda 21 de Pernambuco**, Agenda 21 do Estado de Pernambuco. 6 de agosto de 2002. Recife, PE. Disponível em: <<http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/capitulo02.pdf>> Acesso em: 05 abr. 2017.

PIVELI, R. P. **Qualidade das águas e poluição: Aspectos físico-químicos.** 2015. Disponível em: <<http://www.leb.esalq.usp.br/disciplinas/Fernando/leb360/Fasciculo%205%20-%20Caracteristicas%20Fisicas%20das%20Aguas.pdf>> Acesso: maio de 2018.

PIVELI, R.P. (2006). **Tratamento de Esgotos Sanitários.** Apostila do curso de tratamento de Esgotos Sanitários. EP-USP, SP, 71 p.

RAMOS, R. A. (2008) - **Avaliação da influência da operação de descarte de lodo no desempenho de reatores UASB em estações de tratamento de esgotos no Distrito Federal.** Dissertação de mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Publicação PTARH.DM - 117/2008, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 133p.

REALI, M. A. P. Principais características quantitativas e qualitativas do lodo de ETAs. In: REALI, M. A. P. (Org.). **Noções gerais de tratamento e disposição final**

de lodos de estações de tratamento de água. Projeto PROSAB, Rio de Janeiro: ABES, 1999, 240 p.

ROSS, B. Z. **Escuma de reatores anaeróbicos tratando esgotos domésticos em escala real:** produção, caracterização e proposição de parâmetros para seu gerenciamento. 2015. 163f. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

SAIANI, C.; AZEVEDO, P. F. **Privatização do Saneamento Básico Faz Bem à Saúde?** IE/UFU EESP/FGV. 2018. Disponível em: <https://www.anpec.org.br/encontro/2013/files_l/i5-8e1baa4ea3e549373fb3695b23428c6e.pdf>

SCRIPTORE, J. Os Impactos do Saneamento Sobre Saúde e Educação: Uma Análise Espacial. **Fipe**, p.1-5, 2016. Disponível em: <http://downloads.fipe.org.br/content/downloads/publicacoes/bif/bif433-29-33a.pdf>

SHARMA, V. P. Water, mosquitoes and malária. *Water and health*, **Water and Health**, v. 13, p.155-168, 2014. DOI: [www.http://doi.org/10.1007/978-81-322-1029-0_10](http://doi.org/10.1007/978-81-322-1029-0_10)

SILVEIRA, C. **Desaguamento de Lodo de Estações de Tratamento de Água por Leito de Drenagem / Secagem com Manta Geotêxtil.** 2012. 136 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Saneamento) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR, 2012.

SNIS, **Sistema Nacional de Informações em Saneamento.** Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos, 22ª edição, 2016. Disponível em: <www.snis.gov.br/>. Acesso em: 13 mar. 2018.

SOARES, S. R. A.; MATOS, Z. M. R.; BERNARDES, R. S. Modelagem do processo de desidratação de lodo anaeróbio em leitos de secagem simulados. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v. 5, n. 2, 2001. DOI: [www.http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662001000200023](http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662001000200023)

SOARES, S. R. A.; BERNARDES, R.S.; CORDEIRO NETTO, O. M. Relações entre saneamento, saúde pública e meio ambiente: elementos para formulação de um modelo de planejamento em saneamento. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 18, p. 1713-1724, 2002.

SOUZA, C. M. N.; FREITAS, C. M. O saneamento na ótica da prevenção de doenças e da promoção da saúde. In: XXX CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITÁRIA Y AMBIENTAL. Punta del Leste. **Anais Eletrônicos**. Punta del Leste: AIDIS, 2006.

SOUZA, J. B; VIDAL, C. M.; CAVALLINI, G. S. Avaliação do emprego da radiação ultravioleta na desinfecção de esgoto sanitário. *Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas*, Londrina, v. 33, n. 2, p. 117-126, jul./dez. 2012.

TOSETTO, M. S. **Tratamento terciário de esgoto sanitário para fins de reúso urbano**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Campinas, 2005.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Atlas, 1987. 176p.

TSUTIYA, M. T. Características de biossólidos gerados em estações de tratamento de esgotos. In: TSUTIYA, M.T., COMPARINI, J.B., ALEM SOBRINHO, P., HESPANHOL, I., CARVALHO, P. C. T., MELFI, A. J., MELO, W. J. E MARQUES, M. O. (Org.). **Biossólidos na Agricultura**. ABES, 2001, p. 89-129.

VAN HAANDEL, A. C.; ALEM SOBRINHO, P. Produção, composição e constituição de lodo de esgoto”. In: ANDREOLI, C. V., (Org.). **Usos Alternativos de Lodos de Estações de Tratamento de Água e Estações de Tratamento de Esgoto**. ABES, Rio de Janeiro, 2006, p. 7-28.

VANZETTO, A. S. **Análise das alternativas tecnológicas de desaguamento de lodos produzidos em estações de tratamento de esgoto**. 2012, 205f. Dissertação (Mestrado em tecnologia ambiental e recursos hídricos), Universidade de Brasília, 2012.

VÁSQUEZ, W. F.; AKSAN, A. Water, sanitation, and diarrhea incidence among children: evidence from Guatemala. **Water Policy**, v. 17, 2015, p. 932-945. DOI: www.http://10.2166/wp.2015.211.

VÁSQUEZ, W. F.; PLANAS, J. A. Unbundling household preferences for improved sanitation: a choice experiment from an urban settlement in Nicaragua. **Journal of Environmental Management**, v. 218, p. 477-485, 2018. DOI: [www.https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.04.085](https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.04.085)

VD ENGINEER. **Screw Pulp press**. Disponível em: <<http://vdengineers.in/Screw-pulp-press.html>> Acesso em: ago de 2018.

VICTORETTI, B. A. **Contribuição ao emprego de lagoas de estabilização como processo para a depuração de esgoto domésticos**. São Paulo, Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Básico e de Controle de Poluição das Águas, 1973, 131p.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**, 4 ed. Belo Horizonte, MG: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2014. 452p.

VON SPERLING, M.; GONÇALVES, R. F. Lodo de esgoto: características e produção”. In: ANDREOLI, C.V.; VON SPERLING, M. E FERNANDES, F. **Lodo de**

Esgotos: Tratamento e Disposição Final. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – DESA – UFMG, Belo Horizonte, p. 17-67. 2001.

APÊNDICE

Tabela 2. Resultados das análises realizadas no EB.

Data	DBO (mg/L) Entrada	T (°C) Entrada	pH Entrada	SSed (mL/L) Entrada	O&G (mg/L) Entrada	SST (mg/L) Entrada
jan/14	120,00	30,00	8,71	1,50	-	203,00
fev/14	158,00	30,00	7,41	2,80	-	143,00
mar/14	344,00	29,00	6,58	2,50	-	288,00
abr/14	180,00	30,60	7,09	1,00	-	367,00
mai/14	160,00	29,10	7,58	5,00	-	47,00
jun/14	210,00	28,80	7,42	1,40	-	223,00
jul/14	140,00	28,00	7,18	1,50	-	113,00
ago/14	180,00	27,60	7,34	2,50	-	147,00
set/14	75,00	25,50	7,27	0,70	-	17,00
out/14	98,00	28,70	7,03	6,50	-	103,00
nov/14	210,00	26,70	7,26	4,00	-	57,00
dez/14	230,00	29,20	7,09	6,50	-	67,00
abr/15	220,00	29,50	7,07	2,00	5,70	140,00
mai/15	135,00	30,60	7,47	0,00	5,40	77,00
jun/15	150,00	30,60	7,26	0,20	0,60	97,00
jul/15	140,00	28,40	7,36	1,00	10,50	120,00
ago/15	165,00	27,80	7,01	0,20	3,00	233,00
set/15	180,00	29,10	7,19	1,50	7,70	173,00
out/15	200,00	29,40	7,61	1,50	6,80	107,00
nov/15	200,00	30,00	7,49	2,00	87,00	100,00
dez/15	220,00	30,30	7,20	2,00	56,00	137,00
jan/16	250,00	29,50	7,44	6,00	96,00	180,00
fev/16	240,00	30,10	7,12	1,90	144,00	133,00
mar/16	260,00	30,60	7,35	2,00	-	180,00
abr/16	260,00	30,90	6,93	1,60	29,00	133,00
mai/16	284,00	28,60	7,24	1,10	16,00	123,00
jun/16	175,00	28,50	7,52	0,50	22,00	97,00
jul/16	215,00	24,80	7,81	2,20	11,00	210,00
ago/16	240,00	26,50	7,31	6,00	225,00	133,00
set/16	270,00	30,40	7,37	2,00	36,00	233,00
out/16	210,00	30,30	7,20	1,50	82,00	97,00
nov/16	160,00	31,90	6,89	1,50	14,00	67,00
dez/16	290,00	31,10	7,11	4,00	91,00	230,00
jan/17	300,00	30,30	7,13	8,00	35,00	303,00
mar/17	220,00	31,60	7,24	1,00	44,00	117,00
abr/17	135,00	27,80	7,40	2,50	172,00	77,00

Continua tabela 2. Resultados das análises realizadas no EB.

mai/17	140,00	30,30	7,25	0,50	75,00	83,00
jun/17	200,00	22,90	7,31	1,00	32,00	127,00
jul/17	175,00	27,10	8,02	2,00	43,00	120,00
ago/17	190,00	25,60	7,53	2,50	34,00	127,00
set/17	353,00	29,50	7,23	2,00	30,00	110,00
out/17	240,00	28,70	7,68	4,80	47,00	220,00
nov/17	260,00	29,00	7,55	2,50	71,00	313,00
dez/17	265,00	31,80	7,40	2,50	114,00	237,00
jan/18	230,00	29,90	7,54	3,00	123,00	317,00
fev/18	225,00	30,40	7,40	2,50	49,00	113,00
mar/18	195,00	30,70	8,16	2,50	77,00	167,00
abr/18	230,00	28,00	7,56	1,50	54,00	133,00
mai/18	185,00	29,30	7,14	1,60	48,00	120,00
jun/18	220,00	28,70	7,39	2,00	92,00	117,00

Tabela 3. Resultados das análises realizadas no ETP.

Data	DBO (mg/L) Saída	DBO (%)	T (°C) Saída	pH Saída	SSed (mL/L) Saída	O&G (mg/L) Saída	SST (mg/L) Saída	SST (%)
jan/14	99,00	0,18	30,00	8,07	2,00	5,00	54,00	0,73
fev/14	85,00	0,46	30,00	7,04	0,30	5,00	93,00	0,35
mar/14	345,00	0,00	29,00	6,93	2,00	5,00	167,00	0,42
abr/14	131,00	0,27	30,10	6,99	0,50	10,00	264,00	0,28
mai/14	85,00	0,47	29,00	7,16	0,50	43,00	27,00	0,43
jun/14	140,00	0,33	28,50	7,16	1,10	10,00	220,00	0,01
jul/14	115,00	0,18	28,20	7,05	3,00	32,00	103,00	0,09
ago/14	120,00	0,33	27,90	7,30	0,10	2,40	63,00	0,57
set/14	45,00	0,40	25,20	6,97	0,90	0,10	13,00	0,24
out/14	96,00	0,02	29,50	7,01	1,00	28,10	80,00	0,22
nov/14	160,00	0,24	27,60	7,08	1,00	19,70	40,00	0,30
dez/14	200,00	0,13	30,00	7,01	0,90	40,40	47,00	0,30
abr/15	165,00	0,25	29,50	7,10	0,20	7,20	77,00	0,45
mai/15	130,00	0,04	29,90	7,10	0,10	5,20	67,00	0,13
jun/15	105,00	0,30	29,80	7,31	0,30	0,70	77,00	0,21
jul/15	75,00	0,46	28,70	7,27	0,10	12,10	33,00	0,73
ago/15	95,00	0,42	27,50	6,90	0,20	1,10	100,00	0,57

Cotinha tabela 3. Resultados das análises realizadas no ETP

set/15	125,00	0,31	28,80	7,17	0,30	4,30	83,00	0,52
out/15	120,00	0,40	28,80	7,17	0,40	4,30	70,00	0,35
nov/15	140,00	0,30	29,00	7,42	0,50	62,00	53,00	0,47
dez/15	155,00	0,30	31,50	7,28	0,20	33,00	53,00	0,61
jan/16	115,00	0,54	28,80	7,09	0,80	93,00	70,00	0,61
fev/16	120,00	0,50	30,10	7,14	0,40	86,00	57,00	0,57
mar/16	130,00	0,50	31,20	7,34	0,30	87,00	43,00	0,76
abr/16	130,00	0,50	31,70	6,98	0,30	25,00	130,00	0,02
mai/16	142,00	0,50	29,40	7,04	0,40	1,00	43,00	0,65
jun/16	80,00	0,54	28,30	7,42	0,20	9,00	40,00	0,59
jul/16	105,00	0,51	21,60	7,70	1,00	12,00	70,00	0,67
ago/16	100,00	0,58	28,60	7,23	0,30	39,00	60,00	0,55
set/16	150,00	0,44	32,10	7,18	0,20	40,00	87,00	0,63
out/16	120,00	0,43	30,20	7,11	0,50	18,00	50,00	0,48
nov/16	105,00	0,34	32,60	6,92	0,20	29,00	33,00	0,51
dez/16	150,00	0,48	31,60	7,18	0,50	16,00	53,00	0,77
jan/17	120,00	0,60	31,70	7,14	0,10	12,00	63,00	0,79
mar/17	120,00	0,45	31,50	7,27	0,50	23,00	80,00	0,32
abr/17	80,00	0,41	28,30	7,31	0,80	86,00	53,00	0,31
mai/17	45,00	0,68	31,20	7,22	0,20	72,00	7,00	0,92
jun/17	115,00	0,43	29,00	8,20	0,50	12,00	53,00	0,58
jul/17	50,00	0,71	26,60	7,72	0,30	52,00	27,00	0,78
ago/17	70,00	0,63	26,00	7,30	0,20	10,00	60,00	0,53
set/17	140,00	0,60	28,90	7,45	1,00	7,00	70,00	0,36
out/17	70,00	0,71	28,10	7,23	1,80	54,00	210,00	0,05
nov/17	175,00	0,33	32,10	7,56	0,30	42,00	103,00	0,67
dez/17	130,00	0,51	33,50	7,05	1,10	67,00	220,00	0,07
jan/18	165,00	0,28	29,50	7,25	0,80	45,00	100,00	0,68
fev/18	95,00	0,58	30,70	7,51	0,30	35,00	57,00	0,50
mar/18	115,00	0,41	31,20	8,26	0,50	50,00	97,00	0,42
abr/18	115,00	0,50	28,30	7,63	0,10	41,00	57,00	0,57
mai/18	132,00	0,29	30,50	7,22	0,40	51,00	70,00	0,42
jun/18	90,00	0,59	29,60	8,33	0,70	63,00	50,00	0,57

Tabela 4. Dados de vazões mensais e resultados dos cálculos de Carga orgânica removida e SST removidos

Data	Vazão (L/s)	DBO _{entrada} - DBO _{saída} (mg/L)	Carga orgânica removida (Kg/d)	SST _{entrada} - SST _{saída} (mg/L)	SST removidos (Kg/d)
jan/14	230,00	21,00	417,31	149,00	2960,93
fev/14	230,00	73,00	1450,66	50,00	993,60
mar/14	230,00	-1,00	-19,87	121,00	2404,51
abr/14	230,00	49,00	973,73	103,00	2046,82
mai/14	230,00	75,00	1490,40	20,00	397,44
jun/14	230,00	70,00	1391,04	3,00	59,62
jul/14	230,00	25,00	496,80	10,00	198,72
ago/14	230,00	60,00	1192,32	84,00	1669,25
set/14	230,00	30,00	596,16	4,00	79,49
out/14	230,00	2,00	39,74	23,00	457,06
nov/14	230,00	50,00	993,60	17,00	337,82
dez/14	230,00	30,00	596,16	20,00	397,44
abr/15	230,00	55,00	1092,96	63,00	1251,94
mai/15	230,00	5,00	99,36	10,00	198,72
jun/15	230,00	45,00	894,24	20,00	397,44
jul/15	230,00	65,00	1291,68	87,00	1728,86
ago/15	230,00	70,00	1391,04	133,00	2642,98
set/15	302,72	55,00	1438,55	90,00	2353,99
out/15	240,59	80,00	1662,96	37,00	769,12
nov/15	233,40	60,00	1209,94	47,00	947,78
dez/15	250,38	65,00	1406,14	84,00	1817,16
jan/16	250,38	135,00	2920,44	110,00	2379,62
fev/16	308,57	120,00	3199,24	76,00	2026,18
mar/16	300,69	130,00	3377,30	137,00	3559,16
abr/16	277,87	130,00	3121,04	3,00	72,02
mai/16	258,32	142,00	3169,28	80,00	1785,51
jun/16	243,43	95,00	1998,06	57,00	1198,83
jul/16	228,46	110,00	2171,30	140,00	2763,48
ago/16	247,21	140,00	2990,28	73,00	1559,22
set/16	265,05	120,00	2748,05	146,00	3343,47
out/16	257,33	90,00	2001,02	47,00	1044,98
nov/16	274,03	55,00	1302,18	34,00	804,98
dez/16	279,08	140,00	3375,73	177,00	4267,89
jan/17	309,81	180,00	4818,17	240,00	6424,22
mar/17	309,81	100,00	2676,76	37,00	990,40
abr/17	301,70	55,00	1433,68	24,00	625,61
mai/17	323,13	95,00	2652,25	76,00	2121,80

Continua tabela 4. Dados de vazões mensais e resultados dos cálculos de Carga orgânica removida e SST removidos

jun/17	390,30	85,00	2866,33	74,00	2495,39
jul/17	370,51	125,00	4001,48	93,00	2977,10
ago/17	338,44	120,00	3508,94	67,00	1959,16
set/17	328,68	213,00	6048,72	40,00	1135,91
out/17	295,17	170,00	4335,40	10,00	255,02
nov/17	297,86	85,00	2187,49	210,00	5404,39
dez/17	313,02	135,00	3651,12	17,00	459,77
jan/18	325,88	65,00	1830,13	217,00	6109,80
fev/18	340,85	130,00	3828,43	56,00	1649,17
mar/18	316,00	80,00	2184,19	70,00	1911,16
abr/18	332,98	115,00	3308,52	76,00	2186,50
mai/18	316,28	53,00	1448,33	50,00	1366,35
jun/18	505,53	130,00	5678,14	67,00	2926,43

Tabela 5. Resultados das análises de SSF, SSV, SST, STV, STF e ST do lodo bruto.

Data	Sólidos Suspensos Fixos (mg/L)	Sólidos Suspensos Voláteis(mg/L)	Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	Sólidos Totais Voláteis (mg/L)	Sólidos Totais Fixos (mg/L)	Sólidos Totais (mg/L)
22/07/15	17477,00	86643,00	104120,00	25993,00	5243,00	31236,00
27/07/15	55620,00	65870,00	121490,00	70883,00	38645,00	109528,00
29/07/15	19130,00	81350,00	100480,00	38775,00	79941,00	118716,00
03/08/15	1177,00	66200,00	67377,00	86408,00	38979,00	125387,00
05/08/15	350,00	65333,00	65683,00	34492,00	38248,00	72740,00
26/08/15	4467,00	58063,00	62530,00	37864,00	34084,00	71948,00
31/08/15	620,00	66183,00	66803,00	41031,00	39942,00	80973,00
02/09/15	3597,00	67233,00	70830,00	39063,00	40478,00	79541,00
14/09/15	0,00	44297,00	44297,00	31313,00	24729,00	56042,00
15/09/15	0,00	49340,00	49340,00	33372,00	25296,00	58668,00
21/09/15	0,00	45023,00	45023,00	31891,00	24396,00	56287,00
22/09/15	0,00	57130,00	57130,00	35625,00	27732,00	63357,00
28/09/15	0,00	54707,00	54707,00	38382,00	30990,00	69372,00
06/10/15	0,00	80583,00	80583,00	37171,00	27010,00	64181,00
13/10/15	18167,00	14410,00	32577,00	15879,00	26276,00	42155,00
20/10/15	20,00	39270,00	39290,00	28452,00	15647,00	44099,00
26/10/15	23,00	26977,00	27000,00	34730,00	22166,00	56896,00
27/10/15	23,00	9080,00	9103,00	8091,00	13692,00	21783,00
03/11/15	1723,00	134937,00	136660,00	43372,00	33558,00	76930,00
09/11/15	0,00	21453,00	21453,00	38107,00	24626,00	62733,00

Continuar tabela 5. Resultados das análises de SSF, SSV, SST, STV, STF e ST do lodo bruto.

10/11/15	0,00	62243,00	62243,00	45410,00	28582,00	73992,00
24/11/15	0,00	120280,00	120280,00	55007,00	29141,00	84148,00
30/11/15	0,00	72097,00	72097,00	33252,00	24686,00	57938,00
01/12/15	0,00	30480,00	30480,00	16923,00	10284,00	27207,00
11/12/15	0,00	43333,00	43333,00	20413,00	10836,00	31249,00
14/12/15	0,00	63777,00	63777,00	29362,00	18809,00	48171,00
16/12/15	0,00	56940,00	56940,00	29384,00	18591,00	47975,00
05/01/16	0,00	87923,00	87923,00	46279,00	27771,00	74050,00
12/01/16	0,00	61293,00	61293,00	33552,00	23328,00	56880,00
19/01/16	0,00	172660,00	172660,00	28750,00	17359,00	46109,00
26/01/16	0,00	56887,00	56887,00	31006,00	19947,00	50953,00
02/02/16	4583,00	65247,00	69830,00	41515,00	28474,00	69989,00
16/02/16	4383,00	56310,00	60693,00	36254,00	25927,00	62181,00
01/03/16	12173,00	50637,00	62810,00	36818,00	23713,00	60531,00
29/03/16	9547,00	84063,00	93610,00	44020,00	40332,00	84352,00
05/04/16	1637,00	210523,00	212160,00	14515,00	12026,00	26541,00
25/04/16	47697,00	115146,00	162843,00	59302,00	86941,00	146243,00
11/05/16	7680,00	246537,00	254217,00	45598,00	65992,00	111590,00
01/06/16	18133,00	173624,00	191757,00	45032,00	60556,00	105588,00
14/06/16	26371,00	206360,00	232731,00	61908,00	79114,00	141022,00
06/07/16	35227,00	181520,00	216747,00	69168,00	83519,00	152687,00
21/07/16	0,00	93063,00	93063,00	35842,00	28059,00	63901,00
03/08/16	14687,00	209726,00	224413,00	46239,00	51991,00	98230,00
16/08/16	7,00	3843,00	3850,00	4814,00	3781,00	8595,00
08/09/16	420,00	62327,00	62747,00	44247,00	43540,00	87787,00
29/09/16				35749,00	25401,00	61150,00

Tabela 6. Resultados das análises de Teor de sólidos e Umidade do lodo bruto.

Data	Teor de sólidos (%)	Umidade (%)
05/01/16	17%	83%
12/01/16	15%	86%
19/01/16	6%	94%
26/01/16	5%	95%
02/02/16	6%	94%
16/02/16	8%	92%
01/03/16	6%	94%
29/03/16	7%	93%
05/04/16	7%	93%
25/04/16	11%	89%
11/05/16	20%	80%
01/06/16	35%	65%
14/06/16	14%	87%
06/07/16	22%	78%
21/07/16	9%	91%
03/08/16	8%	92%
16/08/16	5%	95%

Tabela 7. Resultados das análises de Teor de sólidos e Umidade do lodo desaguado em leitos de secagem.

Amostr a	Data de descarte	Data de coleta da amostra desidratada	Umidade %	Teor de sólidos %
Leito 1	22/07/2015	11/08/2015	70,4%	29,6%
Leito 4	26/10/2015	15/11/2015	69,1%	30,9%
Leito 2	05/08/2015	25/08/2015	68,7%	31,3%
Leito 9	21/09/2015	11/10/2015	68,5%	31,5%
Leito 3	24/11/2015	14/12/2015	67,7%	32,4%
Leito 6	31/08/2015	20/09/2015	67,6%	32,4%
Leito 7	15/09/2015	05/10/2015	66,1%	33,9%
Leito 5	06/10/2015	26/10/2015	65,7%	34,3%
Leito 8	09/11/2015	29/11/2015	64,5%	35,5%