



# **CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS**

*Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016*  
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

Leonardo Mariano Da Silva Proença

## **O USO DO LODO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO (ETE) EM BLOCOS CERÂMICOS DE VEDAÇÃO.**

Palmas – TO

2018

Leonardo Mariano Da Silva Proença

O USO DO LODO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO EM BLOCO  
CERÂMICOS DE VEDAÇÃO.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) I elaborado e apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Michele  
Ribeiro Ramos

Palmas – TO

2018

Leonardo Mariano Da Silva Proença

O USO DO LODO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO EM BLOCO  
CERAMICOS.

Trabalho de Conclusão de Curso  
(TCC) II elaborado e apresentado como  
requisito parcial para obtenção do título  
de bacharel em Engenharia civil pelo  
Centro Universitário Luterano de Palmas  
(CEULP/ULBRA).

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Michele  
Ribeiro Ramos

Aprovado em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

BANCA EXAMINADORA

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Michele Ribeiro Ramos  
Orientadora  
Centro Universitário Luterano de Palmas

---

Prof. Dr. José Geraldo Delvaux Silva  
Centro Universitário Luterano de Palmas

---

Avaliador  
Centro Universitário Luterano de Palmas

Palmas – TO

2018

A minha mãe, meu pai e irmã, fonte da minha inspiração para alcançar os objetivos da minha vida.

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por sempre ter alimentado a esperança de eu ser um vencedor, me auxiliando a andar sempre pelos trilhos da vitória.

Aos meus pais, Wilson Mariano Proenço e Elaine Cristina da Silva Proenço, fonte de toda minha energia, motivos pelo qual quero ser melhor todos os dias de minha vida, pessoas do qual não tenho palavras para expressa o meu amor por elas.

A toda minha família, em especial minha tia Lania Cristina Proenço, e meu tio Bemivaldo Pinheiro, que nunca mediu esforços para me acolher e me ajudar a buscar meus objetivos.

Aos meus professores em especial minha orientadora Professora Doutora Michele Ribeiro Ramos e ao Professor Doutor José Geraldo Delvaux, Silva pessoas que teve um valor significativo ao decorrer da minha carreira de universitário.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA .....	3
1.2 HIPÓTESES .....	3
1.3 OBJETIVOS .....	3
<b>1.3.1 OBJETIVO GERAL</b> .....	<b>3</b>
<b>1.3.2 ESPECÍFICOS</b> .....	<b>3</b>
<b>2. JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>4</b>
<b>3. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>5</b>
3.1 TRATAMENTO DE ESGOTO .....	5
<b>3.1.1 TRATAMENTO DE ESGOTO NO BRASIL</b> .....	<b>6</b>
3.2 LODO ETE .....	7
3.3 LODO ATIVADO .....	8
<b>3.4 REATOR UASB</b> .....	<b>10</b>
3.5 DESTINAÇÃO FINAL DO LODO DE ETE .....	10
3.6 DESTINAÇÃO CORRETA DO LODO DE ESGOTO .....	11
<b>3.7 LODO NA AGRICULTURA</b> .....	<b>12</b>
3.8 CUSTOS PARA DESTINAÇÃO FINAL DO LODO DE ETE .....	12
3.9 BLOCO CERÂMICO DE VEDAÇÃO .....	13
<b>3.9.1. MATERIAL PRIMA E FABRICAÇÃO DO BLOCO CERÂMICO DE VEDAÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>4. METODOLOGIA</b> .....	<b>18</b>
4.1 DESENHO DO ESTUDO .....	18
4.2 LOCAL E PERÍODO DE REALIZAÇÃO DA PESQUISA .....	18

4.3 DESENVOLVIMENTO DO EXPERIMENTO .....	20
4.5 DETALHAMENTO DOS TRATAMENTOS .....	22
<b>5. RESULTADOS .....</b>	<b>23</b>
5.1 ENSAIO DE COMPRESSÃO .....	23
5.2 TRATAMENTO DOS DADOS .....	24
<b>6. CONCLUSÃO .....</b>	<b>25</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estudo de levantamento de esgotamento sanitário nos 5.570 municípios brasileiros.....	6
Figura 2: Fluxograma do tratamento do tipo lodo ativado pode ser observado na : (URBAN,2016) .....	9
Figura 3: Fluxograma de uma estação de esgotos utilizando o método de lodos ativados.....	9
Figura 4: Fluxograma das etapas de produção de tijolos.....	13
Figura 5: Foto da jazida de argila.....	14
Figura 6: Misturador .....	15
Figura 7: Extrusora Monobloco MS 350 .....	16
Figura 8: Estufa de secagem dos blocos Cerâmicos .....	17
Figura 9: Processo de Queima.....	17
Figura 10: Maquete da ETE Sinhá.....	18
Figura 11: Foto de placa de identificação da ETE.....	19
Figura 12: Foto do Material utilizado para confecção do bloco.....	19
Figura 13: Blocos em estado fresco pronto para serem inseridos ao forno.....	20
Figura 14: Blocos após a queima.....	20
Figura 15: Ensaio de compressão.....	21



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Tratamentos impostos.....	23
Tabela 2: Tabela de ensaio a compressão com dados brutos. ....	24
Tabela 3: Análise de Variância dos tratamentos para ensaio de ruptura dos blocos cerâmicos de vedação com relação ao uso de lodo de esgoto tratado na composição dos blocos. ....	24
Tabela 4: Valores Médios do Ensaio de Ruptura (Mpa) dos blocos cerâmicos de vedação com relação ao uso de lodo de esgoto tratado na composição dos blocos. Palmas – TO, 2018. ....	24

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

**ABRELPE** Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública

**ANA** Agência Nacional das Águas

**ETE** Estação Tratamento de Esgoto

**Reator UASB** – é um reator anaeróbico de fluxo ascendente

**Sabesp** Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo

**µm** micrômetro

## RESUMO

O trabalho apresentado tem como objetivo identificar se a o lodo in natura pode ser utilizado como matéria prima para blocos cerâmicos de alvenarias. O experimento foi conduzido com a utilização de 4 tratamentos com 3 repetições, sendo a testemunha, o tratamento  $-T_0$ , e os demais receberam doses crescentes de 4, 5 e 6 % de lodo, que foi recolhido na ETE de Colinas do Tocantins. A argila foi obtida da Cerâmica Victoria em Bandeirantes do Tocantins, onde ocorreu a fabricação dos blocos. O ensaio de compressão dos mesmos ocorreu no Laboratório de Materiais de Construção Civil do CEULP/ULBRA, em Palmas- TO. A resistência à compressão variou de 1,709 Mpa a 1,700 Mpa, com a Variação de adição de lodo de 6%. Com os resultados obtidos conclui-se que embora houvesse uma diminuição na resistência à compressão, mesmo no tratamento que impôs o maior teor de lodo, o bloco cerâmico ainda atende as exigências da Norma da NBR 7177/2006.

**Palavras-chave:** Lodo de ETE, resistência à compressão, resíduos sólidos, blocos cerâmicos.

## **ABSTRACT**

The objective of this work is to identify if the in natura sludge can be used as raw material for masonry ceramic blocks. The experiment was conducted using 4 treatments with 3 replicates, the control being the -T0 treatment, and the others receiving increasing doses of 4, 5 and 6% of sludge, which was collected in the TTE of Colinas do Tocantins. The clay was obtained from Cerâmica Victoria in Bandeirantes do Tocantins, where the blocks were manufactured. The compression tests were carried out at the Civil Construction Materials Laboratory of CEULP / ULBRA, Palmas-TO. The compressive strength varied from 1.709 Mpa to 1.700 Mpa, with the Sludge Addition Variation of 6%. With the results obtained it is concluded that although there was a decrease in the compressive strength, even in the treatment that imposed the highest sludge content, the ceramic block still meets the requirements of the Standard of NBR 7177/2006.

**Key words:** ETE sludge, resistance to understanding, solid residues, ceramic blocks.

## 1. INTRODUÇÃO

Preocupado com o meio ambiente, saúde e bem-estar da população, a iniciativa pública vem investindo na coleta e tratamento de esgoto cada vez mais. Porém o crescimento e desenvolvimento das comunidades aumenta a cada momento, e esse processo gera resíduo em que o lodo e um desses, que se não depositados de forma adequada e controlada pode causar danos ao meio ambiente.

Considerando que a produção de lodos de esgoto é uma característica intrínseca dos processos de tratamento de esgotos e tende a um crescimento no mínimo proporcional ao crescimento da população humana e a solução para sua disposição é medida que se impõe com urgência (RESOLUÇÃO N° 375, agosto DE 2006).

O lodo gerado durante o tratamento pode conter metais pesados, compostos orgânicos persistentes e patógenos em grandes concentrações, porém quando depositado em locais não adequados pode causar um impacto ambiental irreversível ao meio ambiente, sendo recomendando o depósito nos aterros sanitários.

De acordo com o levantamento inédito feito pela (ABRELPE,2017) Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública, o Brasil tem aproximadamente quase 3 mil lixões ou aterros irregulares, índice que impactam a qualidade de vida de 77 milhões de brasileiros e nos mostra que possivelmente esse lodo não está sendo depositado de forma adequada.

Preocupado com o impacto gerado pelo tratamento de esgoto, muitas pesquisas estão sendo desenvolvida para propor soluções a esse problema, o meio que mais tem despertado interesse aos pesquisadores é o uso do lodo de ETE (Estação de tratamento esgoto), na agricultura como adubo ou corretivo das terras, pois possui características que atende a essa demanda. Porém a quantidade de esgoto aumenta constantemente com o crescimento da população e o descarte do lodo em áreas agrícolas nem sempre é viável economicamente e ambientalmente., pois nem todo solo é capaz de receber resíduos.

O bloco é um dos materiais de maior utilização na construção de edificações, sendo ele cerâmico ou de concreto, porém o mais convencionalmente

utilizado é o bloco cerâmico. Visando essa utilização em grandes escalas, o uso do lodo como matéria prima poderá colaborar para o meio ambiente de duas formas, diminuindo o impacto da extração da matéria prima do bloco cerâmico e auxiliando na destinação adequada do lodo gerado pelas ETE'S.

Buscando adquirir conhecimento e auxiliar no descarte de resíduos gerado nas estações de tratamentos de esgoto, esse estudo tem como propósito identificar a viabilidade do lodo ser a utilizado como matéria-prima para construção de blocos cerâmico, o lodo da ETE possui características favoráveis para a confecção de blocos cerâmicos.

## 1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Em decorrência da presença de componentes de natureza orgânica no lodo, este material poderá ser utilizado na fabricação de blocos cerâmicos de vedação?

## 1.2 HIPÓTESES

O lodo de ETE é um material que pode ser utilizado como parte da matéria prima do bloco cerâmico e não afetará a resistência mínima do mesmo.

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 OBJETIVO GERAL

Identificar a possibilidade do aproveitamento do resíduo gerado no tratamento de esgoto como parte da matéria prima do bloco cerâmico.

### 1.3.2 ESPECÍFICOS

Determinar a proporção adequada de lodo para alcançar uma resistência mínima permitida.

Verificar a trabalhabilidade da mistura com o acréscimo do lodo de ETE.

Observar a textura e o acabamento do bloco cerâmico com a adição do lodo de ETE

## **2. JUSTIFICATIVA**

Os diversos impactos ambientais decorrentes de alterações tais como: aumento da população urbana, desmatamentos descontrolados, queimadas irregulares, poluição dos rios e lençóis freáticos, faz com que possamos repensar a utilização do lodo de estação de tratamento de água e de esgoto. Visando minimizar e colaborar com o meio ambiente, melhorando a qualidade de vida das comunidades, este estudo tem como objetivo identificar uma finalidade para o lodo de ETE na construção civil, utilizando do mesmo como matéria prima do bloco cerâmico de vedação. O bloco cerâmico é um material de grande relevância na construção civil. O uso do lodo como matéria prima do bloco tem como finalidade diminuir o impacto ambiental causado pela extração da principal matéria prima do bloco e auxilia na destinação adequada do lodo de ETE, material que armazenado de forma inadequada pode causar grandes impactos ao meio ambiente.



### **3. REFERENCIAL TEÓRICO**

#### **3.1 TRATAMENTO DE ESGOTO**

O tratamento de esgoto é uma medida de saneamento básico que visa acelerar a purificação da água antes de ser devolvida ao meio ambiente ou mesmo reutilizada. A origem dessa água poluída se dá através da rede de esgoto proveniente de residências, comércios e indústrias (ALVES, 2014).

O funcionamento desse Tratamento de esgoto, ocorre através das unidades de tratamento que são conhecidas como ETE, em que a água suja passa por vários tipos de tratamento podendo variar de empresa para empresa (ALVES, 2014).

O tratamento de esgoto pode é dividido em níveis de acordo com o grau de remoção de poluentes que deseja atingir. O tratamento primário se caracteriza pela remoção de sólidos grosseiros em suspensão. São utilizados, apenas mecanismo físicos como método de tratamento. Essa etapa tem como objetivo proteger as unidades de tratamento subsequentes e dispositivos de transporte como, por exemplo, bombas e tubulações, além de proteção dos corpos receptores quanto aos aspectos estéticos (OLIVEIRA, 2006).

O tratamento primário, além dos sólidos sedimentares, remove boa parte da matéria orgânica, utilizando se de mecanismo físicos como método de tratamento (OLIVEIRA, 2006).

O tratamento secundário normalmente constituído por reator biológico, remove grande parte da matéria orgânica, pode remover parcela dos nutrientes como nitrogênio e fósforo. Os reatores biológicos empregados nessa etapa do tratamento reproduzem os fenômenos naturais da estabilização da matéria orgânica que ocorreriam no corpo receptor (OLIVEIRA, 2006)

O tratamento terciário, quando ocorre é geralmente constituído de unidade de tratamento físico-químico, tem como finalidade a remoção complementar da matéria orgânica, dos nutrientes de poluentes específicos e a desinfecção dos esgotos tratados (OLIVEIRA, 2006).

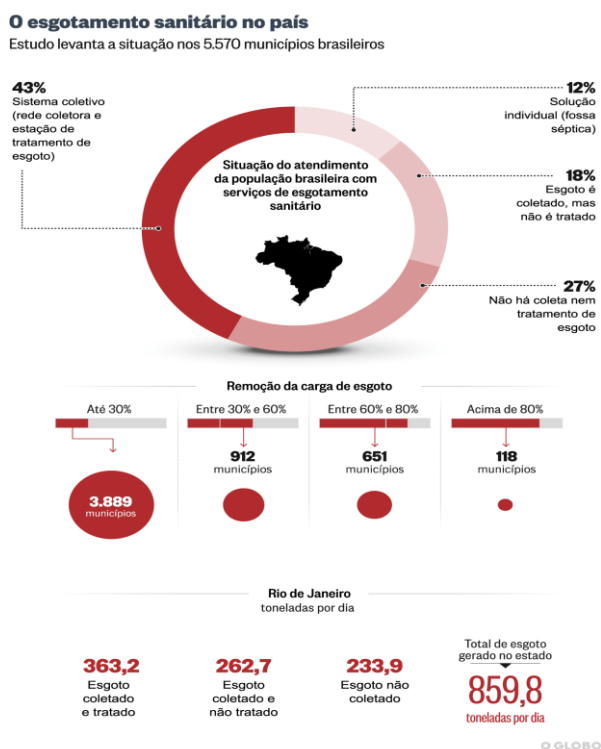
### 3.1.1 TRATAMENTO DE ESGOTO NO BRASIL

O Brasil precisa investir R\$ 150 bilhões para garantir a todos os moradores das cidades acesso ao serviço de saneamento básico adequado até 2035. Atualmente, o esgoto gerado por 45% de toda a população brasileira não recebe qualquer tipo de tratamento, aumentando os riscos de poluição e contaminação de rios, lagos e outros mananciais onde os rejeitos são lançados (ANA, 2017) Agência Nacional de Aguas.

Diariamente, 5,5 mil toneladas de esgoto não tratado chegam principalmente aos rios, mas também vão parar em reservatórios de água, mananciais e lagos do país (ANA, 2017).

Na Figura 1, é disponibilizado o percentual de cidades brasileiras com esgotamento sanitário.

Figura 1: Estudo de levantamento de esgotamento sanitário nos 5.570 municípios brasileiros



Fonte: O Globo 2017.

### 3.2 LODO ETE

O lodo gerado durante o processo de tratamento de esgoto tem aumentado, acompanhando o crescimento populacional, a produção nacional é de resíduos seco por ano e de 140 a 210 mil toneladas, considerando que a coleta atingia apenas uma parcela 30% da população (MALTA,2001).

O ser humano produz aproximadamente cerca de 120g de sólidos por dia, lançados nos sistemas de coletas. Quando o esgoto não possui resíduos industriais, é composto por 99,87% de água, 0,04% de sólidos sedimentáveis, 0,02% de sólidos não sedimentáveis e 0,07% de substâncias dissolvidas (MALTA,2001).

O tratamento biológico resulta em duas classes de resíduos: o efluente líquido apto a ser lançado no meio ambiente e o lodo primário ou secundário, que é um material pastoso com um teor de concentração de microrganismos, orgânicos e minerais muito grande. (MALTA,2001).

O estudo do reaproveitamento do lodo tem sido estudado em diversos países há bastante tempo, sendo o reuso agrícola o método que mais se destaca. No Brasil as opções de reuso são pouco utilizadas e a destinação mais comum são os aterros sanitários, porém esses são escassos no Brasil, onde a maioria não se recebe resíduos sólidos gerado pelo tratamento do lodo (MALTA,2001).

O lodo é constituído, em boa parte, por bactérias vivas. Como a eficiência dos processos biológicos está ligada à quantidade de células vivas, atuantes no processo, os sistemas de tratamento mantêm o afluente em um meio rico em lodo: um processo biológico é considerado eficiente e econômico se puder ser operado com baixos tempos de detenção hidráulica e tempos de retenção de sólidos suficientemente longos para permitir o crescimento de microrganismos. Portanto o lodo é a matéria prima para os processos de tratamento biológico de esgoto e seu excesso passa a ser considerado um resíduo (MALTA,2001).

O momento e as condições em que o lodo deixa de ser matéria prima para se transformar em resíduo, depende de tecnologia do sistema de tratamento de esgoto e de sua operação (MALTA,2001).

Em qualquer situação, quanto mais o lodo se assemelhar à matéria orgânica "fresca", maior será seu potencial de putrefação e produção de odores desagradáveis e sua concentração de microrganismos patogênicos (MALTA,2001).

A medida em que o lodo "fresco" passa por processo de biotransformação, seus componentes orgânicos, mais facilmente biodegradáveis, são transformados e o lodo ganha características de lodo "estabilizado", apresentando odor menos ofensivo e menor concentração de microrganismos patogênicos.

A necessidade de estabilização do lodo está, principalmente, ligada a estas duas características negativas do lodo fresco: seu potencial de produzir odores e seu conteúdo de microrganismos patogênicos, sendo que na prática, um lodo pode ser "estabilizado" por outros métodos, além dos processos de biodegradação (MALTA,2001).

### 3.3 LODO ATIVADO

O lodo ativado consiste em uma cultura microbiológica na forma de flocos produzida no esgoto do tanque de aeração com a finalidade de absorver e metabolizar a matéria orgânica presente nesse esgoto na presença de oxigênio dissolvido. O sistema de lodos ativados é amplamente utilizado à nível mundial para o tratamento de despejos domésticos e industriais, em situações que necessitam elevada qualidade do efluente e nas quais há limitada disponibilidade de área.

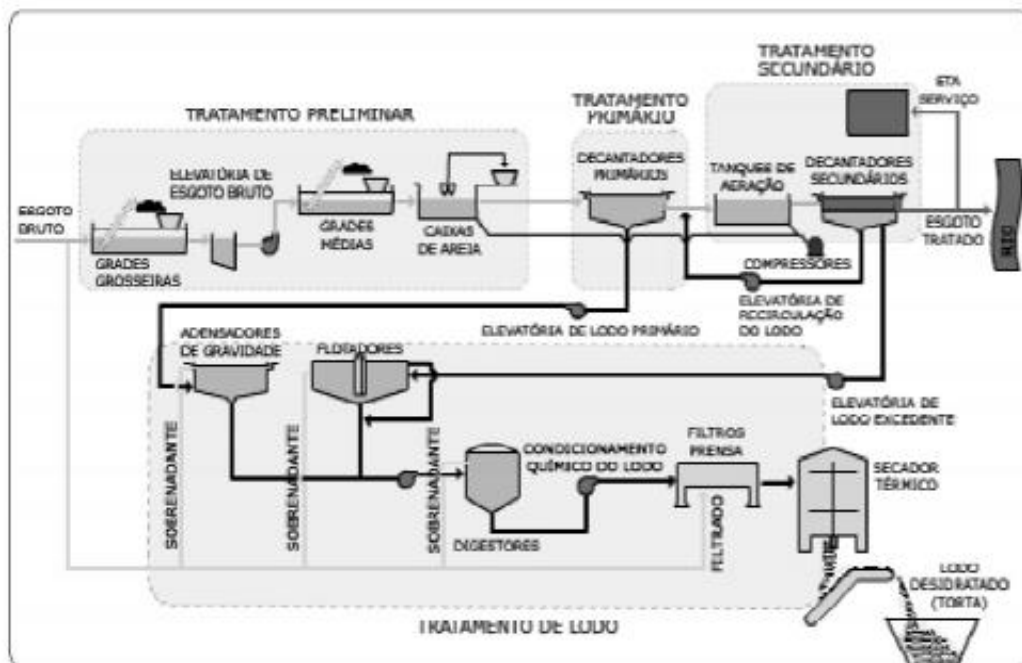
No entanto, este sistema inclui um índice de mecanização superior ao de outros sistemas de tratamento, implicando em operação mais sofisticada, maior consumo de energia e maior produção de lodo (VON SPERLING, 2002).

O processo de lodos ativados é classificado quanto à idade do lodo e quanto ao fluxo de esgoto. A idade do lodo representa o tempo médio que uma partícula de lodo permanece no sistema, e pode ser estimada como a relação entre a quantidade de lodo biológico existente no tanque de aeração e a quantidade diária de lodo biológico removida do sistema de lodos ativados (VON SPERLING, 2002).

O tratamento de lodos ativados por aeração modificada baseia-se na oxidação da matéria orgânica por bactérias aeróbias e facultativas em reatores biológicos (tanque de aeração) seguido de decantação, recirculação do lodo e retirada do lodo excedente (BROTTO, 2011).

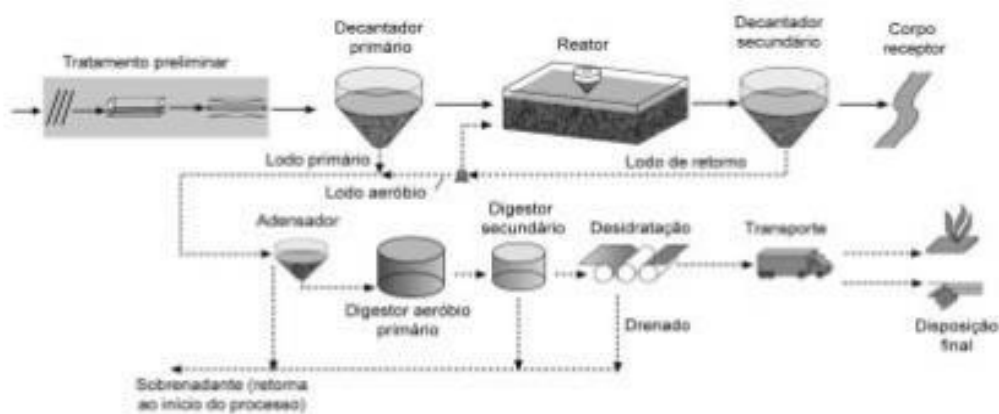
Na figura 2 apresenta um fluxograma do tipo de lodo ativo, e na Figura 3 um fluxograma de uma estação de esgoto utilizando o método de lodos ativados.

Figura 2: Fluxograma do tratamento do tipo lodo ativado pode ser observado na : (URBAN, 2016)



Fonte: SABESP, 2011.

Figura 3: Fluxograma de uma estação de esgotos utilizando o método de lodos ativados.



Fonte: SABESP, 2011.

### 3.4 REATOR UASB

No Brasil umas das técnicas de tratamento biológico de esgotos, muito usada é baseada na tecnologia de decomposição anaeróbia da matéria orgânica. Segundo a Revista TAE (2015) afirma que essa técnica consiste em uma coluna de escoamento ascendente, composta de uma zona de digestão, outra de sedimentação, e o dispositivo separador de fases gás-sólido-líquido. O esgoto afluente ao reator e após ser distribuído pelo seu fundo, segue uma trajetória ascendente, desde a sua parte mais baixa, até encontrar a manta de lodo. Após a mistura, a biodegradação e a digestão anaeróbia do conteúdo orgânico, tendo como subproduto a geração de gases metano, carbônico e sulfídrico.

### 3.5 DESTINAÇÃO FINAL DO LODO DE ETE

Os resíduos provenientes de tratamento de esgoto apresentam maior quantidade de matéria orgânica e maior possibilidade de conter organismos patogênicos, poluentes orgânicos e metais pesados (GONÇALVES, 1999; SILVA et al., 2001).

As características físico-químicas dos lodos dependem da composição das águas residuais e dos processos que compõem o tratamento tanto da fase líquida quanto da fase sólida. Sabe-se que estas características podem variar anualmente, sazonalmente ou até mesmo diariamente, em consequência das

variações nas características das águas residuais. Estas variações são mais acentuadas em sistemas que recebem grandes quantidades de descargas industriais (TCHOBANOGLIOUS et al., 2002).

Devido a essa variabilidade em relação à composição, os processos de tratamento de esgoto, assim como de lodo devem ser projetados considerando a forma de destinação (FERNANDES et al., 2001).

Segundo Beecher, (2008); Chen e Kuo, (2016), uns dos destinos finais mais comuns de uso benéfico do lodo de ETE é o uso na agrícola, outras formas são relatadas: recuperação de áreas degradadas, matéria-prima de composto orgânico, telhados verdes, controle de erosão, silvicultura; uso em fornos de cimento, fabricação de materiais de construção, pavimentação, cobertura diária e final de aterro sanitário.

O descarte do lodo é uma preocupação recente no Brasil. Até poucos tempos, a única referência ao lodo nos estudos das estações era uma seta e as palavras “destinação final”, sequer identificava onde seria o descarte e como ocorreria o descarte. Assim as agências gerenciadoras de saneamento básico procurava se livrar do resíduo, sendo a mais utilizadas e o descarte do lodo em aterros sanitários – landfill, e o descarte do lodo líquido, bombeado em dutos até alto-mar – descarga oceânica (IWAKI, 2017).

Com o crescente da preocupação da preservação do meio ambiente a descarga em alto-mar não é mais utilizada, sendo até proibida nos Estados Unidos e na Europa. O processo que englobam a disposição final do lodo de 90% gerado no mundo são: queima, descarte em aterros e uso na agricultura (IWAKI, 2017).

### 3.6 DESTINAÇÃO CORRETA DO LODO DE ESGOTO.

Para destinar corretamente o lodo, faz-se necessário os conhecimentos técnicos dos tratamentos envolvidos e também os conhecimentos logísticos. o emprego da logística para planejar, manusear, armazenar e transportar os resíduos é essencial para o sucesso do processo (IWAKI, 2017).

O conceito de logística reversa está presente na cadeia de reuso do lodo, bem como os preceitos da logística verde que se preocupa, entre outros

aspectos, com a ausência de reaproveitamento e com o crescente aumento da emissão de resíduos ao meio ambiente (IWAKI, 2017).

O conhecimento dos meios logísticos com o objetivo de identificar as possíveis opções existentes em equipamentos, materiais e instalações garante a máxima eficiência com o custo mínimo. Dessa forma, conhecer e executar os conceitos relativos à logística reversa e à logística verde são igualmente necessário para o alcance do equilíbrio entre economia, meio ambiente e sociedade (IWAKI, 2017).

### 3.7 LODO NA AGRICULTURA

Além do uso agricultura uma das formas de maior utilização do lodo. Existem outras formas de utilização do lodo gerado durante o tratamento de esgoto que estão sendo estudadas como:

Utilização na industrial

Execução de derivados cerâmicos

Produção de agregado para construção civil

Produção de cimento

Fertilizante orgânico e compostagem

Reparação de solos degradados

A incorporação do lodo de esgotos na fabricação de produtos cerâmicos, como telhas, tubos, tijolos e lajotas, tem-se mostrado uma alternativa viável de destinação adequada. O lodo é adicionado ao processo durante a etapa de preparação da massa cerâmica e auxilia na correção de umidade. Isso pode ser feito manualmente, com pás carregadeiras, ou em olarias mais tecnificadas, utilizando-se equipamentos apropriados (IWAKI, 2017).

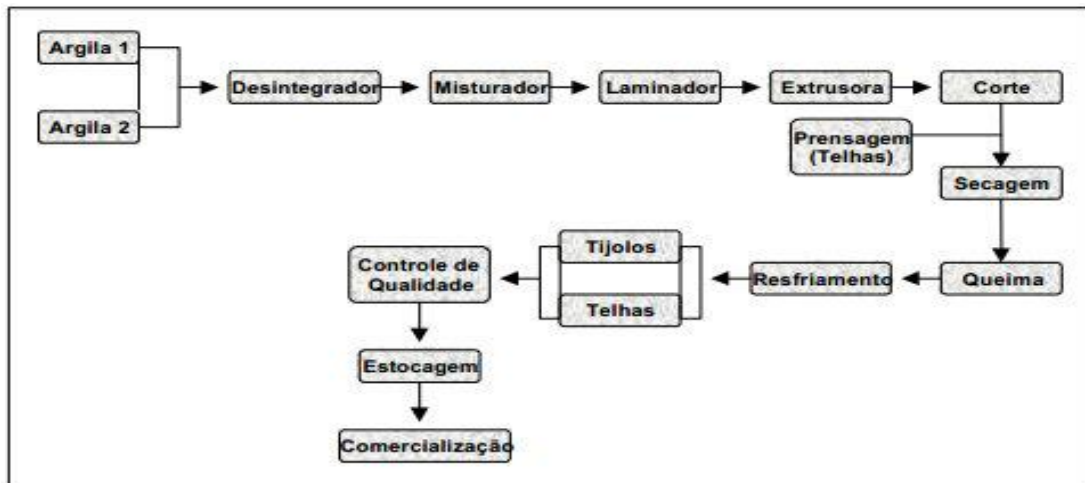
### 3.8 CUSTOS PARA DESTINAÇÃO FINAL DO LODO DE ETE

O Custo durante o tratamento e destinação final dos lodos gerados por uma estação de tratamento de esgotos é significativa em relação a qual quer operações. Segundo TSUTIYA (2001 a) é da ordem de 20% a 40% do custo operacional de toda a estação. (DAVID, 2002).



### 3.9 BLOCO CERÂMICO DE VEDAÇÃO

Figura 4: Fluxograma das etapas de produção de tijolos.



Fonte: SILVA, 2012

Sendo utilizados desde 4.000 AC, os derivados cerâmicos destacam-se pela durabilidade, facilidade da fabricação, e abundância da matéria-prima a argila. Sendo indicado principalmente para utilização em obras com estrutura de concreto armado, os blocos cerâmicos de vedação são utilizados à execução de paredes que suportam o seu peso próprio e pequenos esforços de ocupação como armários, pias e lavatórios.

Possuem várias dimensões, para melhor atender a demanda da desejável largura da parede em que será executada. Onde paredes com espessuras mais largas aumentam a resistência, conforto térmico e acústico.

#### 3.9.1. MATERIAL PRIMA E FABRICAÇÃO DO BLOCO CERÂMICO DE VEDAÇÃO

As argilas compostas de grãos muito finos de silicatos de alumínio, associados a óxidos que lhes dão tonalidades diversas, pode ser encontrada próxima de rios, muitas vezes formando barrancos nas margens. É da família dos minerais filossilicáticos hidratados, aluminosos de alta cristalinidade suas dimensões no geral são partículas menores do que 1/256 mm ou 4 µm de diâmetro.

A argila divide-se em dois tipos: argilas primárias, originadas da decomposição do solo por ações físico-químicas do ambiente natural, através

dos anos, apresentando-se normalmente na forma de pó; argilas secundárias, decorrentes da sedimentação de partículas transportadas através das chuvas e dos ventos, que se apresentam na forma pastosa ou de lama (SANTOS, 2009).

O processo industrial da cerâmica ilustrado na figura 4 envolve diversas fases de processamento, tais como coleta da argila, preparação, mistura, secagem e queima, até obtenção dos produtos finais, podendo cada etapa influenciar decisivamente na etapa seguinte (BACCELLI JR., 2010).

### 3.9.2. COLETA DA ARGILA

A argila utilizada na fabricação dos derivados cerâmicos encontra-se pronta para utilização do processo de fabricação, e é coletada em jazidas licenciadas e são formadas por sedimentação aluvial. Apresenta variadas características de acordo com a profundidade e local que se encontra, contendo matéria orgânica na parte superior. Após a coleta feita por uma máquina adequada como a pá carregadeira, a argila é transportada até cerâmica e depositada em local próprio.

A Figura 5 apresenta uma pá carregadeira retirando o material diretamente da jazida de argila.

Figura 5: Foto da jazida de argila.



Fonte: GEOINFORM

### 3.9.3. PREPARAÇÃO E MISTURA

Etapa onde a matéria é homogeneizada através do misturador ilustrado na Figura 6. Trata-se de um equipamento mecânico onde o material é depositado por retroescavadeiras ou pá carregadeiras, após a homogeneização o material é transportado para a caixa alimentadora. Posteriormente, é adicionado água para facilitar a homogeneização, passando para o laminador.

A mistura, em forma de pasta consistente, é transportada por meio de esteiras para a etapa de extrusão.

Figura 6: Misturador



Fonte: Maquinas Man, 2010.

### 3.9.4. EXTRUSÃO

Etapa que se processa a conformação mecânica do bloco cerâmico de vedação. Na extrusão ocorre durante a passagem da massa, onde passa por alta pressão pela boquilha que está instalada na saída da máquina para moldagem da mistura. A mistura processada em forma de barra contínua é encaminhada para próxima etapa. Na Figura 7 apresentada um modelo de máquina Extrusora.

Figura 7: Extrusora Monobloco MS 350



Fonte: Altiva Cerâmica, 2010.

#### 3.9.5. CORTE

O corte é realizado por um sistema mecanizado, na saída da extrusora, que opera em sincronia com o movimento das peças. A máquina de corte é composta por 5 fios de aço tensionado que realiza o corte da barra cerâmica, após o corte dos blocos produzidos são transportados para o local de secagem.

#### 3.9.6. SECAGEM

O processo de secagem consiste na liberação do líquido utilizado na produção dos produtos. A secagem é realizada de uma forma lenta em local fechado para evitar fissuras superficiais. As peças são mantidas em temperatura ambiente, sem incidência de luz solar ou vento. Após a secagem natural do bloco de aproximadamente 4 dias o bloco é levado para o processo de queima.

Na Figura 8 apresenta os blocos em período de secagem em uma estufa adequada para esse processo.

Figura 8: Estufa de secagem dos blocos Cerâmicos



Fonte: Kerplas Estufas Agrícolas, 2009.

### 3.9.7. QUEIMA

No processo de queima o material é queimado a temperaturas de 750° C a 1.000° C, durante aproximadamente 4 dias. Após a queima o bloco passa por um processo de resfriamento onde depois estará disponível para a comercialização.

A Figura 9 apresenta um dos modelos mais convencionais de fornos.

Figura 9: Processo de Queima



Fonte: Portal Brasil, 2009.

## **4. METODOLOGIA**

### **4.1 DESENHO DO ESTUDO**

O estudo tem como finalidade identificar se lodo de ETE poderá ser utilizado como parte da matéria prima do bloco cerâmico de vedação podendo gerar novas tecnologias.

### **4.2 LOCAL E PERÍODO DE REALIZAÇÃO DA PESQUISA**

O bloco foi executado na cerâmica Victoria de bandeirantes do Tocantins e os ensaios de ruptura foram no Laboratório de Materiais de Construção Civil do Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

O lodo em estado seco foi coletado na ETE Sinhá do município de Colinas do Tocantins- TO, devidamente acondicionado em uma caixa térmica e encaminhado para cerâmica Victoria em Bandeirantes do Tocantins para proceder a parte execução dos blocos após a secagem e a queima do bloco o mesmo foi encaminhado para o Laboratório de Materiais de Construção Civil do Centro Universitário Luterano de Palmas.

A Figura 11, apresenta a placa de identificação da ETE Sinhá de Colinas de Tocantins.

A Figura 10, maquete de ilustração da ETE Sinhá de Colinas de Tocantins.

Figura 10: Maquete da ETE Sinhá.



Fonte: Autor, 2018.

Figura 11: Foto de placa de identificação da ETE.



Fonte: Autor, 2018.

A argila utilizada para a confecção do bloco cerâmico de vedação foi coletada na jazida do pátio da Cerâmica Victória conforme figura 12, no município de Bandeirantes do Tocantins- TO. A coleta ocorreu no segundo semestre de 2018.

Figura 12: Foto do Material utilizado para confecção do bloco.



Fonte: Autor, 2018.

#### 4.3 DESENVOLVIMENTO DO EXPERIMENTO

As amostras foram confeccionadas conforme NBR 5426/2006, em quantidade necessária para realizar 4 tratamentos com 3 repetições conforme as Figuras 13 e 14 abaixo.

Figura 13: Blocos em estado fresco pronto para serem inseridos ao forno.



Fonte: Autor, 2018.

Figura 14: Blocos após a queima.





Fonte: Autor, 2018.

Após a construção das amostras que obedeceu aos aspectos como a dimensões de 9x14x19cm, secagem e queima do bloco conforme a norma brasileira da ABNT NBR 15270-1/2006, foi realizado o ensaio de resistência à compressão. Este ensaio foi realizado no quarto dia após a etapa de resfriamento natural do bloco cerâmico de vedação conforme Figura 15.

Figura 15: Ensaio de compressão.



Fonte: Autor, 2018.

A resistência à compressão dos blocos é calculada na área bruta, devendo atender aos valores mínimos de resistência maior ou igual a 1,5 Mpa para os furos na horizontal e maior ou igual a 3,0 Mpa para os furos na vertical conforme (ABNT NBR 15270-3).

#### 4.5 DETALHAMENTO DOS TRATAMENTOS

O experimento foi constituído por 4 tratamentos com 3 repetições. O tratamento  $T_0$  não recebeu adição de lodo, pois é o bloco de testemunha. Os tratamentos impostos foram os seguintes.

Tratamento 0: material constituído somente por argila sem o acréscimo do lodo.

Tratamento 1: aplicação de 4% de lodo de ETE na composição do bloco cerâmico de vedação.

Tratamento 2: aplicação de 5% de lodo de ETE na composição do bloco cerâmico de vedação.

Tratamento 3: aplicação de 6% de lodo de ETE na composição do bloco cerâmico de vedação.

Tabela 1: Tratamentos impostos.

<b>Especificação</b>	<b>Percentual de adição de lodo</b>	<b>Nomenclatura</b>
Tratamento de referência	0%	T0
Tratamento 1	4%	T1
Tratamento 2	5%	T2
Tratamento 3	6%	T3

Fonte: Autor, 2018.

Para a confecção do traço utilizou-se um volume de 0,5 m<sup>3</sup> de argila para cada um dos tratamentos impostos. Em seguida foram inseridos o percentual de lodo de cada tratamento. O Tratamento T<sub>0</sub>, (testemunha) que não houve acréscimo de lodo a matéria prima.

Após a confecção dos blocos e a realização dos ensaios foram coletados os dados e submetidos à análise de variância empregando o software Sisvar® (FERREIRA, 2008) e se encontrada significância pelo teste de F, procederá uma comparação das médias pelo teste de Tukey (p≤0,05).

## **5. RESULTADOS**

### **5.1 ENSAIO DE COMPRESSÃO**

A resistência à compressão mínima dos blocos de cerâmico de vedação na área bruta devem atender aos valores indicados na NBR 7171 “Bloco Cerâmico para Alvenaria”. No caso de blocos cerâmicos com largura (L) inferior a 90mm, a resistência mínima à compressão exigida é de 2,5MPa. Independentemente da classificação, todas as amostras de blocos cerâmicos têm de atender ao requisito mínimo de 1,0 Mpa, o bloco utilizado no ensaio possui dimensões de 9x14x19cm, onde na Tabela 01 apresenta os resultados brutos da resistência de cada tratamento e suas repetições.

Tabela 2: Tabela de ensaio a compressão com dados brutos.

RESULTADO DE ENSAIO DE RUPTURA									
TRATAMENTO	REPETIÇÃO 01			REPETIÇÃO 02			REPETIÇÃO 03		
	Mpa			Mpa			Mpa		
T0	1,709	1,708	1,708	1,707	1,708	1,708	1,708	1,707	1,708
T1	1,704	1,705	1,704	1,705	1,705	1,705	1,706	1,705	1,705
T2	1,703	1,704	1,704	1,703	1,704	1,704	1,704	1,703	1,703
T3	1,700	1,701	1,701	1,702	1,701	1,702	1,702	1,700	1,701

Fonte: Autor, 2018.

## 5.2 TRATAMENTO DOS DADOS

Para o tratamento dos dados foi utilizado o programa Sisvar, um software que tem sido bastante usado como suporte em disciplinas de estatística experimental e básica do curso regular de graduação da Universidades. O Sisvar vem sendo bastante utilizados por professores, alunos e pesquisadores no brasil e até mesmo no exterior.

Tabela 3: Análise de Variância dos tratamentos para ensaio de ruptura dos blocos cerâmicos de vedação com relação ao uso de lodo de esgoto tratado na composição dos blocos.

	GL	SQ	QM	F	p>F
Tratamentos	3	0.000069	0.000023	103.375	0.0001*
CV%	0,03%				

\*= significativo a ( $p>0,05$ ) pelo teste f.

Tabela 4: Valores Médios do Ensaio de Ruptura (Mpa) dos blocos cerâmicos de vedação com relação ao uso de lodo de esgoto tratado na composição dos blocos. Palmas – TO, 2018.

Análise de Tukey	
Tratamentos	Valores Médios do ensaio de ruptura (Mpa)
T0	1,708 a
T1	1,704 b
T2	1,703 b
T3	1,701 c

Fonte: Autor, 2018.

A partir das Tabelas 2 e 3 podem-se avaliar estatisticamente os dados encontrados em função da dispersão dos mesmos. O desvio padrão, que é a variação em relação à média, foi consideravelmente baixo, tendo uma variação maior somente no traço com adição de 6% de lodo.

Conforme apresentado na Tabela 3, os traços com 4 e 5% de lodo não se diferenciam estatisticamente, ou seja, estão contidos no mesmo intervalo. Os demais se diferenciam e por isso são representados por letras diferentes.

Silva *et al* (2015) constataram que a utilização de até 25% de lodo não alterou de maneira significativa a resistência à compressão. Herek *et al* (2010) em seus ensaios realizados nos blocos cerâmicos de vedação por meio da incorporação de lodo de lavanderia com teores de 0 (referência) e 20% em peso comprovam que a resistência é inversamente proporcional ao teor de lodo incorporado.

Para Pires *et al* (2008), a dosagem máxima testada (30%) apresentou os resultados mais próximos dos recomendados pelas normas técnicas. Duarte (2008) dosagens mais altas, de 25 e 30%, perderam cerca de 90% da resistência do tijolo-testemunha e, portanto, não são tecnicamente aceitáveis.

## **6. CONCLUSÃO**

As diferentes dosagens de lodo aplicadas na confecção de blocos cerâmicos, não alterou de maneira significativa a resistência à compressão.

O aspecto de trabalhabilidade também não se modificou com a adição de lodo como matéria prima do bloco.

O lodo em estado *in natura* pode ser utilizado em porções de 4, 5 e 6% da matéria prima do bloco cerâmico, pois a alteração sofrida do bloco no aspecto de resistência a compressão não é significativa.

## **7. REFERÊNCIA**

DAVID, Airtton Checone. **Secagem Térmica de lodos de esgoto**: determinação da umidade de equilíbrio. 2002. 163 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.**REATOR UASB PARA TRATAMENTO BIOLÓGICO DE ESGOTO**. São Paulo: Revista Tae, 06 abr. 2015.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análise e ensino de estatística. Revista Symposium (Lavras), v. 6, p. 36-41, 2008.

IWAKI, Gheorge. **Destinação Final de Lodos de ETAs e ETEs**. 2017. 12 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenheiro Agrônomo, Portal Tratamento de Água, Barueri -sp, 2017.

MALTA, Tatiana Siqueira. **Aplicação de lodos de estações de tratamento de esgotos na agricultura: estudo do caso do município de Rio das Ostras - RJ**. [Mestrado] Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública; 2001. 68 p.

MATTIAS, Lucas Willian Aguiar. **PROCESSO PRODUTIVO DE MATERIAIS CERÂMICOS: BLOCOS, TELHAS E TOJOS**. 2014. 23 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Não Tem, Sp, 2014.

OLIVEIRA, Alina da Silva. **Tratamento de esgoto pelo sistema de lodos ativados no município de Ribeirão Preto,SP:Avaliação da remoção de metais pesados**. 2006. 162 f. Tese (Doutorado) - Curso de Enfermagem, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2006.

PAULINO, Rafael de Medeiros. **ESTUDO GEOTÉCNICO DO USO DE LODO DE ESGOTO HIGIENIZADO EM CAMADAS DE COBERTURA DE ATERROS SANITÁRIOS**. 2016. 22 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte Centro de Tecnologia, Natal-rn, 2016.

PORTELLA, K.F.; ANDREOLI, C.V.; HOPPEN, C.; SALES, A. BARON, O. Caracterização físico-química do lodo centrifugado da estação de tratamento de água Passaúna – Curitiba – Pr. 22º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA AMBIENTAL. Joinville, 2003.

SANTOS, Ártano Silva do. **AS ARGILAS COMO MATÉRIAS-PRIMAS CERÂMICAS**. 2009. 16 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2009.

SILVA, Diogo Hilário da; SILVA, Jessica Ferreira Tiburcio; LIMA, Sandovânio Ferreira de. **TIJOS, NORMAS TÉCNICAS E APLICAÇÃO EM ALVENARIA**. 2017. 10 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Ciências Exatas e Tecnológicas, Alagoas, 2017.

SOARES, Mychellangelo dos Santos. **Ensaio de Compressão Bloco Cerâmico Ensaio de Compressão Bloco Cerâmico**. 2009. 15 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Materiais, Faculdade de Engenharia de Materiais –ufpa/femat, Marabá-pa, 2009.

TEIXEIRA, Silvio Rainho. **CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA (ETA) E DE ESGOTO (ETE) E O ESTUDO DA**

**VIABILIDADE DE SEU USO PELA INDÚSTRIA CERÂMICA.** 2014. 8 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências e Tecnologia, São Paulo State University, São Paulo, 2014.

URBAN, Rodrigo Custodio. **METODOLOGIAS PARA GERENCIAMENTO DE LODO DE ETA E ETE.** 2016. 204 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2016.

VENTURA, Manoel. **No Brasil, esgoto de 45 milhões de população não recebe qualquer tratamento:** Universalizar o serviço no país vai requerer R\$ 150 bilhões. 2017. Disponível em: <<https://oglobo.globo.com/economia/no-brasil-esgoto-de-45-da-populacao-nao-recebe-qualquer-tratamento-21865590>>. Acesso em: 25 set. 2017.