



**LUIZ ANTONIO LIMA DA COSTA MENDES**

**SISTEMA COMBINADO DE TANQUE SÉPTICO E LEITO CULTIVADO NO  
TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO**

**INCONFIDENTES/MG  
2015**

**LUIZ ANTONIO LIMA DA COSTA MENDES**

**SISTEMA COMBINADO DE TANQUE SÉPTICO E LEITO CULTIVADO NO  
TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como pré-requisito de conclusão do curso de Graduação Tecnológica em Gestão Ambiental no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Campus Inconfidentes, para obtenção do título de Tecnólogo em Gestão Ambiental.

**Orientador(a): Kátia Regina de Carvalho Balieiro**

**INCONFIDENTES – MG  
2015**

**LUIZ ANTONIO LIMA DA COSTA MENDES**

**SISTEMA COMBINADO DE TANQUE SÉPTICO E LEITO CULTIVADO NO  
TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO**

**Data de aprovação: \_\_\_ de \_\_\_\_\_ 20\_\_**

---

**Orientadora: Professora *DSc.* Kátia Regina de Carvalho Balieiro  
IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes**

---

**Coorientador: *MSc.* Taciano Benedito Fernandes  
IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes**

---

**Professora *DSc.* Lucia Ferreira  
IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por me dar forças para a superação de obstáculos e sempre seguir em frente até atingir meus objetivos.

Ao meu pai Luiz Delfino, por todo o apoio e suporte durante este curso.

A minha orientadora Kátia Regina de Carvalho Balieiro, coorientador Taciano Benedito Fernandes e laboratorista Toni Vander Marcilio por todo o auxílio e dedicação na realização deste trabalho.

A todo o IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes, pela oportunidade de graduação e todo o apoio oferecido.

E a todos os meus amigos ( em especial Gabi, Ju, Lara, Maria, Neife, Misa, Fernando e Cris) por me ajudarem direta ou indiretamente para a realização deste trabalho e por toda a ajuda, carinho e companheirismo que compartilhamos ao longo do curso.

## RESUMO

O saneamento básico no Brasil ainda não abrange todas as comunidades devido à falta de recursos financeiros e infraestrutura. Milhões de famílias são prejudicadas com a falta do sistema de esgotamento sanitário expondo o meio ambiente à degradação e as pessoas aos patógenos dos efluentes domiciliares. O tratamento convencional de esgoto, adotado nas grandes cidades, possui alto custo de implantação e operação o que impossibilita que pequenas cidades e comunidades o utilizem e acabem por dispor dos efluentes em locais inadequados como nos cursos de água e no solo. Para conter a contaminação da água e do solo por esgoto doméstico, e diminuir a incidência de doenças gastrointestinais causadas por agentes patógenos provenientes das fezes, muitos países tem adotado os tanques sépticos como forma de tratamento de efluentes domésticos. Os tanques sépticos são sistemas simples de implantar e possuem custos reduzidos, pois são constituídos de materiais baratos e com grande disponibilidade no mercado. O sistema a ser abordado neste trabalho é constituído por quatro tambores (barricas) de 250 litros interligados entre si e um leito cultivado em substrato de brita número 2 contendo, para tratamento por zona de raízes, taboa (*Thipha spp.*). O efluente é impulsionado pela pressão da descarga dos sanitários e desce por gravidade. A eficiência deste sistema foi avaliada a partir do resultado de análises laboratoriais de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos (número mais provável de coliformes). Os resultados mostraram eficiência de remoção da DQO de 80%, da cor de 83% e para coliformes termotolerantes de 99%, se mostrando eficiente na remoção destes parâmetros. Conforme comparações com trabalhos consultados a eficiência de remoção destes parâmetros se mostrou expressiva. Os parâmetros como dureza, sólidos totais dissolvidos, alcalinidade e condutividade elétrica não apresentaram resultados de eficiência de remoção expressivos. O sistema se mostrou uma alternativa promissora para o tratamento de efluentes domésticos em áreas onde não há rede coletora de esgoto.

**Palavras-chave:** Tanque Séptico, Biodigestor, Tratamento de Esgoto Doméstico, Zona de Raízes, Leito Cultivado.

## ABSTRACT

Sanitation in Brazil does not yet cover all communities due to lack of financial resources and infrastructure. Millions of families are harmed by the lack of sewage system exposing the environment to degradation and people to pathogens of household waste. Conventional sewage treatment, adopted in large cities, has a high cost of implementation and operation making it impossible for small towns and communities disposing waste in inappropriate places such as water courses and soil. To contain the contamination of water and soil by sewage, and decrease the incidence of gastrointestinal diseases caused by pathogens from the feces, many countries have adopted septic tanks as a treatment of domestic sewage. Septic tanks systems are simple to implement and have lower costs because they are made of cheap materials and with great availability in the market. The system to be considered in this article consists of four drums (barrels) of 250 liters interconnected and grown on a bed of crushed stone No. 2 containing substrate to treatment by root zone with *Taboa (Thiphia spp.)*. The effluent is driven by the pressure of the discharge of sanitary and down by gravity. The efficiency of this system was evaluated from the results of laboratory analysis physical, chemical and microbiological (most probable number of coliforms) of effluent. The results showed efficiency removal of 80% for QOD, 83% for color and 99% for fecal coliforms, showing the efficient removal of these parameters. According with works consulted the efficiency removal of these parameters proved significant. The parameters such as hardness, total dissolved solids, conductivity and alkalinity showed no significant removal efficiency results. The system proved to be a promising alternative for the treatment of domestic sewage in areas where there is no sewage disposal system.

**Keywords:** Septic tank, Biodigestor, Treatment of domestic Sewage, Root Zone, Wetland

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	9
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	11
2.1. CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO .....	11
2.1.1. Sistema Centralizado.....	11
2.1.2. Sistema individual .....	11
2.2. O TRATAMENTO DOS EFLUENTES .....	11
2.3. PROCESSO MICROBIOLÓGICO ANAERÓBIO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES .....	12
2.4. PROCESSO MICROBIOLÓGICO AERÓBIO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES	13
2.5. TANQUE SÉPTICO: HISTÓRICO E MARCOS REGULATÓRIOS .....	14
2.6. PROCESSOS FÍSICOS NO TANQUE SÉPTICO (TS).....	14
2.7. CONDIÇÕES GERAIS E INDICAÇÕES PARA IMPLANTAÇÃO DE UM TANQUE SÉPTICO.....	15
2.7.1. Contribuição de despejos .....	16
2.7.2. Profundidade dos tanques.....	16
2.7.3. Dispositivo de entrada e saída de efluentes.....	16
2.7.4. Abertura de inspeção do TS .....	16
2.8. LEITO CULTIVADO COMO UNIDADE DE PÓS-TRATAMENTO. ....	17
2.9. PARÂMETROS DE QUALIDADE DOS EFLUENTES: FÍSICOS, QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS .....	17
2.9.1. Cor.....	17
2.9.2. Temperatura .....	17
2.9.3. Alcalinidade .....	18
2.9.4. Dureza .....	18
2.9.5. Potencial Hidrogeniônico (pH) .....	18
2.9.6. Condutividade Elétrica.....	18
2.9.7. Sólidos Totais Dissolvidos .....	19
2.9.8. Demanda Química de Oxigênio (DQO).....	19
2.9.9. Análise Microbiológica .....	19
<b>3. OBJETIVO</b> .....	20
3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	20

<b>4. METODOLOGIA</b> .....	21
4.1. CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA DE TRATAMENTO DO EFLUENTE DOMÉSTICO IMPLANTADO .....	21
4.2. MONITORAMENTO DO SISTEMA .....	22
4.3. MÉTODO DE COLETA.....	22
4.4. ANÁLISES LABORATORIAIS: PARÂMETROS FÍSICOS.....	23
4.4.1. Cor.....	23
4.4.2. Temperatura .....	23
4.5. ANÁLISES LABORATORIAIS: PARÂMETROS QUÍMICOS .....	24
4.5.1. pH - Potencial de hidrogênio.....	24
4.5.2. Demanda Química de Oxigênio (DQO).....	25
4.5.3. Sólidos Totais Dissolvidos (STD).....	25
4.5.4. Alcalinidade .....	26
4.5.5. Condutividade Elétrica.....	26
4.5.6. Dureza .....	26
4.5.7. Análise Microbiológica .....	26
4.6. CÁLCULO DA EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO (ER) .....	28
4.7. TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS .....	28
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	29
As médias, desvio padrão e coeficientes de variação dos parâmetros estudados estão descritas na Tabela 2.....	29
Tabela 2.: Parâmetros de qualidade do efluente ao longo do sistema. ....	29
5.1. COR.....	31
5.2. TEMPERATURA .....	32
5.3. POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH) .....	33
5.4. DQO .....	34
5.5. SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS.....	35
5.6. ALCALINIDADE.....	36
5.7. CONDUTIVIDADE ELÉTRICA .....	38
5.8. DUREZA.....	39
5.9. MICROBIOLÓGICA.....	40
<b>6. CONCLUSÕES</b> .....	41
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	42
<b>APÊNDICE I</b> .....	44
<b>APÊNDICE II</b> .....	45

## 1. INTRODUÇÃO

O saneamento básico está intrinsicamente relacionado com a saúde da população e as condições do meio ambiente. A ausência de sistemas de esgotamento sanitário ou a disposição incorreta dos efluentes, além de causar impactos ambientais como o desequilíbrio ecológico dos cursos d'água e do solo, também afeta a saúde das populações que vivem próximas do destino final dos efluentes não tratados, onde a incidência de doenças de veiculação hídrica é maior. A poluição de um corpo hídrico é caracterizada pela alteração de suas características, podendo ser natural ou de origem antrópica. As alterações podem ser estéticas, fisiológicas ou ecossistêmicas (Samuel, 2011).

Inúmeras enfermidades são decorrentes do contato e/ou consumo de água e alimentos contaminados com agentes patogênicos presentes nas fezes humanas ou de animais, boa parte delas com quadros clínicos de diarreias, as quais podem ser ocasionadas por contaminações bacterianas (cólera, febre tifoide, febre paratifoide, entre outras), virais (hepatite A, rotavirose, poliomielite, etc), causadas por protozoários (giardíase, disenteria amebiana, etc) e por helmintos (ascaridíase, ancilostomíase e outras).

Quando se trata do saneamento básico o Brasil ocupa a 112ª posição entre outros 200 países, ficando abaixo não só da América do Norte e Europa como também de algumas nações do Norte da África, do Oriente Médio e da América Latina, em que a renda média é inferior ao da população brasileira (ITB, 2012).

Segundo dados do IBGE (2008), 44% dos municípios brasileiros possuem rede de esgotamento sanitário. O mesmo levantamento mostrou que 56% dos municípios do país lançam o esgoto *in natura* nos corpos hídricos, causando a alteração da qualidade da água e desestabilização dos ecossistemas aquáticos decorrente da

oxidação da matéria orgânica presente no esgoto por microrganismos. Os processos de degradação da matéria orgânica aumentam a demanda bioquímica de oxigênio da água.

O sistema de tratamento de esgoto a ser abordado neste trabalho é caracterizado como tanque séptico, ou biodigestor, onde os próprios microrganismos em um ambiente anaeróbio decompõem a matéria orgânica proveniente de esgoto doméstico, sem a presença de bombas, filtros ou adição de substâncias químicas. O sistema é abastecido pela efluente dos sanitários de uma residência.

O principal atrativo desse tipo de sistema são os baixos custos de implantação, onde a maior despesa é a mão de obra. Os materiais utilizados podem ser facilmente encontrados (como tambores e canos de PVC), dispensando o uso de substâncias químicas. O desenvolvimento desta pesquisa pode trazer grandes benefícios para a saúde e qualidade de vida das populações que vivem em zonas rurais ou regiões com recursos limitados, podendo substituir o tratamento convencional de esgoto nestas áreas.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1. CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO**

Os efluentes direcionados para as estações de tratamento de esgoto são provenientes do esgoto doméstico, despejos industriais e águas pluviais. Os efluentes domésticos são provenientes de residências, áreas comerciais, ou qualquer edificação que contenha sanitários, lavanderias, cozinhas, ou seja, qualquer dispositivo doméstico, incluindo as residências em ambientes rurais. Os sistemas de tratamento de efluentes são subdivididos em centralizado e individual.

#### **2.1.1. Sistema Centralizado**

Este sistema baseia-se no tratamento de efluentes domésticos em estações de tratamento de esgoto convencional, comum nos grandes centros urbanos. Os efluentes são coletados, transportados, tratados e dispostos em um corpo receptor. O principal empecilho desse sistema é o alto custo de implantação, alto consumo de energia para a oxidação da matéria orgânica, e exigência de disposição do lodo residual que por conter alta carga de componentes tóxicos deve ser incinerado ou disposto em aterro sanitário (Altvater, 2008).

#### **2.1.2. Sistema individual**

O sistema individual visa o tratamento dos efluentes gerados por uma edificação como uma casa ou condomínio. São utilizados tanques sépticos no tratamento dos efluentes, podendo o efluente tratado ser lançado em sumidouros, valas de infiltração ou filtros anaeróbios, sendo sua disposição final pode ocorrer em córregos, rios, ou no próprio solo (Altvater, 2008).

### **2.2. O TRATAMENTO DOS EFLUENTES**

Segundo Samuel (2011) os poluentes podem ser introduzidos no meio aquático de forma pontual ou difusa. As cargas pontuais são caracterizadas por lançamentos individuais bem definidos, como comumente visto em despejos industriais e de esgoto, sendo mais fáceis de diagnosticar e efetuar o controle mais rápido e eficiente. Já os lançamentos difusos apresentam maior dificuldade de visualização e

controle, visto que podem chegar ao corpo hídrico por vários pontos de lançamento ou ao longo das margens do corpo receptor, podendo ser lixiviados ou percolar no solo e ao chegar ao lençol freático contaminar o corpo hídrico. A poluição difusa é comum em campos agrícolas próximos da rede hídrica.

Os processos de tratamento de esgotos são classificados como processos físicos, químicos e biológicos. Os processos físicos caracterizam-se pela remoção das substâncias em suspensão e sólidos do esgoto, incluindo sólidos grosseiros, sedimentáveis e flutuantes. Os processos químicos utilizam produtos químicos e comumente associam-se a outros processos. Os processos mais utilizados para o tratamento de esgoto são: floculação, precipitação química, oxidação química, cloração e correção de pH. Por fim, os processos biológicos dependem da ação de microrganismos presentes no esgoto e baseiam-se nos princípios da oxidação biológica. Os principais processos são a oxidação biológica aeróbia como lodos ativados, os filtros biológicos, os valos de oxidação e as lagoas de estabilização; e, oxidação anaeróbia com emprego de reatores anaeróbios de fluxo ascendente, sistemas anaeróbios de digestão do lodo (fossas sépticas) e outros. Embora as estruturas físicas sejam diferentes, o processo biológico é essencialmente o mesmo em todos os sistemas com base em crescimento biológico (Jordão & Pessoa, 2005).

O mesmo autor destaca que as impurezas encontradas na água podem ser caracterizadas como físicas, que estão associadas com sólidos presentes na água, que dependendo de seu tamanho são denominados sólidos dissolvidos, em suspensão e colóides; químicas, que são as substâncias orgânicas e inorgânicas dissolvidas na água, determinando a salinidade, alcalinidade da água e presença de metais e compostos tóxicos, e impurezas biológicas, que são microrganismos patogênicos ou não presentes na água, como bactérias representadas pelos “coliformes fecais”, vírus, protozoários e vermes geralmente provenientes dos dejetos humanos.

### 2.3. PROCESSO MICROBIOLÓGICO ANAERÓBIO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES

A decomposição anaeróbia torna a matéria orgânica solúvel em água através de atividades enzimáticas bacterianas denominadas digestão. A digestão anaeróbia ocorre em duas fases, a primeira é a hidrólise dos corpos em suspensão, sedimentáveis em compostos solúveis ou em um estágio intermediário de solubilização.

Isso ocorre devido à ação de enzimas exógenas catalizadoras liberadas por bactérias para que as partículas orgânicas tornem-se solúveis e permeáveis à membrana das células bacterianas. A celulose e o amido são transformados em formas solúveis de açúcar. As proteínas são desmembradas em seus aminoácidos e as gorduras não são atacadas pelas enzimas. A degradação química das substâncias nesse processo é incompleta, e os subprodutos são geralmente tanto ou mais inconvenientes do que o próprio esgoto fresco. Esta fase também é conhecida como fermentação ácida. Na segunda fase ocorre a gaseificação do material solúvel absorvido pelas células bacterianas no interior das próprias bactérias do grupo *Archea metanogênica* e bactérias redutoras de sulfato, que oxidam o dióxido e monóxido de carbono, ácidos orgânicos, hidrogênio, produzindo o metano, dióxido de carbono, gás sulfídrico, água, amônia e novas células bacterianas. Nesta fase ocorre a decomposição da matéria orgânica da fase líquida do esgoto (Von Sperling, 2005).

A produção de gás sulfídrico também ocorre em tanque séptico, porém não são observados problemas com maus odores, visto que este se combina aos metais pesados contidos no lodo formando sulfetos metálicos insolúveis (Chernicharo, 1997).

#### 2.4. PROCESSO MICROBIOLÓGICO AERÓBIO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES

Conforme Von Sperling (2005) a decomposição anaeróbia inicia-se com a oxidação da matéria orgânica por microrganismos, que a consomem como fonte de alimento, transformando o carbono da matéria orgânica em biomassa e gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) e a amônia ( $\text{NH}_3$ ) em nitrito ( $\text{HNO}_2$ ), e o nitrito em nitrato ( $\text{HNO}_3$ ). Os processos citados acima ocorrem em meios aeróbios, pois os microrganismos responsáveis por estes processos (em sua maioria bactérias) necessitam de oxigênio para biossíntese e reprodução. A biomassa formada pelos microrganismos auxilia na absorção de partículas em suspensão, diminuindo a turbidez.

Este processo é mais expressivo no leito cultivado, visto que o tanque séptico não possui contato direto com a atmosfera, inibindo a aeração do efluente.

## 2.5. TANQUE SÉPTICO: HISTÓRICO E MARCOS REGULATÓRIOS

O termo Tanque Séptico (TS) foi patenteado na Inglaterra em 1895, pelo inventor inglês Donald Cameron, porém em 1860 na França foi construído um tanque de alvenaria para o tratamento do efluente de uma residência por Jean Louis Mouras e a invenção recebeu o nome de “Mouras Automatic Escavenger”. Após doze anos de funcionamento, Mouras percebeu que o volume de sólidos acumulados no leito do tanque (lodo) era muito menor que o esperado (Santos, 2012).

No Brasil a utilização do sistema foi feita pela primeira vez em 1892, em Campinas/SP. Foi construído um grande tanque para o tratamento do esgoto urbano (Santos, 2012).

Em 1993 foi elaborada a NBR 7229 com o objetivo de definir as condições para projeto, construção, operação de tanques sépticos, incluindo padrões para disposição de efluentes líquidos e lodo sedimentado. A elaboração da norma teve como intenção a preservação da saúde pública e ambiental, a higiene, conforto e segurança das pessoas que residem nas áreas servidas pelo sistema (ABNT, 1993).

A Norma define tanque séptico como uma unidade de tratamento de esgoto, podendo ter formato retangular ou cilíndrico de fluxo horizontal para o tratamento de esgotos através dos processos de flotação, sedimentação e digestão. Os tanques são construídos com tubulação na entrada, para o esgoto bruto e na saída, o efluente tratado (ABNT, 1993). São utilizados para atender pequenos grupos de pessoas, visando o tratamento de nível primário, ou seja, atua preponderantemente na redução da matéria orgânica.

Os tanques cilíndricos são utilizados quando deseja-se utilizar uma menor área para a construção do sistema, exigindo maior profundidade, ao contrário dos sistemas retangulares, que exigem maior área construída e menor profundidade.

A diferença entre tanque séptico e fossa séptica é o fato de o tanque ser um sistema de tratamento de esgoto onde o efluente gerado possui um destino final definido, podendo ser infiltração no solo por valas de infiltração ou sumidouro. Já a fossa séptica é a disposição final do esgoto (ABNT, 1993).

## 2.6. PROCESSOS FÍSICOS NO TANQUE SÉPTICO (TS)

O processo de sedimentação de sólidos depende do tempo de detenção médio do sistema e o nível de turbulência. Quanto maior for o tempo de detenção e menor for a turbulência maior será a sedimentação dos sólidos. Além do lodo decantado

também ocorre a formação de espuma, composta por produtos orgânicos biodegradáveis, como óleos e graxas, que flutam e são decompostos de forma progressiva. Esta camada pode chegar de 20 a 25 centímetros de espessura (Colares et al., 2013).

O TS funciona como digestor e decantador, proporcionando a digestão anaeróbia da fase líquida do esgoto e aumentando a eficiência de remoção da matéria orgânica dissolvida, que é a principal limitação dos sistemas de TS. Segue na figura 1 representando um TS.

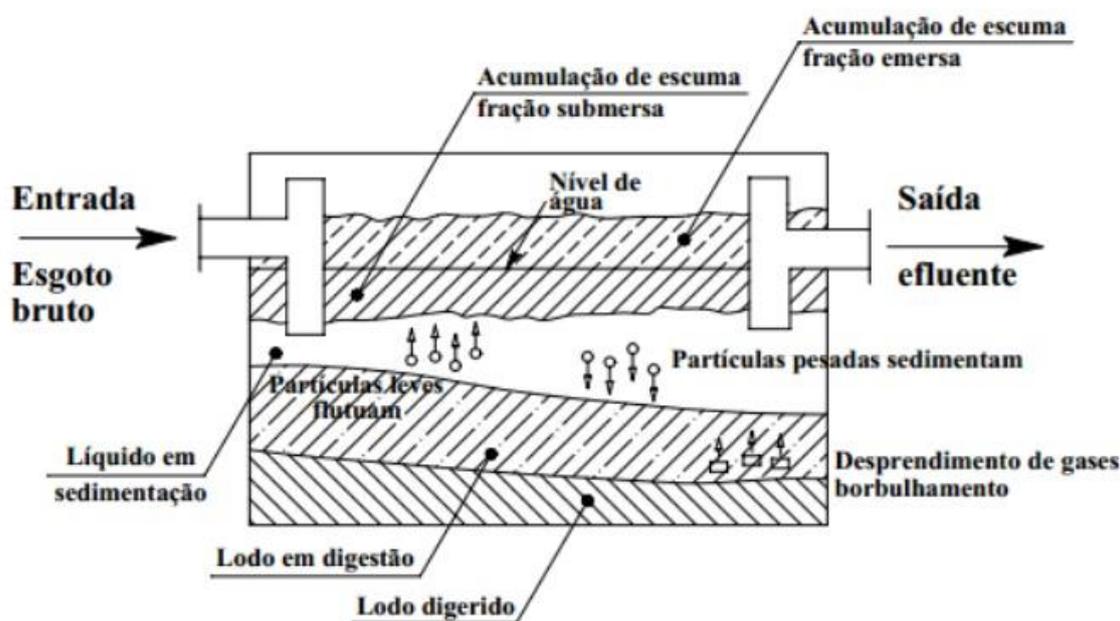


Imagem 1: Representação esquemática do funcionamento de TS. Fonte: ABNT, NBR 7229/1993.

Conforme a NBR 7229 (1993), tempo médio de detenção hidráulica (TDH) é o tempo de permanência das moléculas de água dentro de um sistema alimentado continuamente. Se a vazão do afluente e efluente ( $Q$ ) for constante, assim como o volume ( $V$ ), o TDH pode ser calculado da seguinte forma:

## 2.7. CONDIÇÕES GERAIS E INDICAÇÕES PARA IMPLANTAÇÃO DE UM TANQUE SÉPTICO

A NBR 7229/1993 indica que a utilização de TS é recomendada para regiões onde não há sistema de coleta do esgoto sanitário, como zonas rurais por

exemplo. Os sistemas devem ser projetados para receber a totalidade dos despejos, exceto os efluentes que contenham substâncias que comprometam a eficiência do sistema. As águas de lavagem que carregam substâncias como sabão, cloro, dentre outros, ocasionam a morte da fauna microbiana no sistema, prejudicando assim a digestão do esgoto. Também não devem ser encaminhados para o sistema águas pluviais.

O tanque séptico deve situar-se a distância de 1,5 metros de construções, três metros de árvores e redes públicas de abastecimento de água e a 15 metros de poços freáticos e corpos de água de qualquer natureza.

Os materiais utilizados na construção do TS devem possuir resistência mecânica e química (devido aos componentes do efluente e produtos gerados no processo de digestão).

#### 2.7.1. Contribuição de despejos

O cálculo de contribuição de despejos corresponde à vazão do sistema e está relacionado ao tempo de detenção médio do sistema. É calculado com base no número de pessoas que contribuem na geração do efluente que é direcionado ao sistema.

#### 2.7.2. Profundidade dos tanques

Os tanques com até 6 m<sup>3</sup> (seis metros cúbicos) devem ter uma profundidade útil mínima de 1,20 metros e máxima de 2,20 metros.

#### 2.7.3. Dispositivo de entrada e saída de efluentes

A geratriz do dispositivo de entrada deve ficar 5 cm (cinco centímetros) acima do nível da geratriz do dispositivo de saída.

Deve ser preservada uma distância de cinco centímetros entre o dispositivo de entrada de efluentes e a abertura do TS.

#### 2.7.4. Abertura de inspeção do TS

Devem possuir número, disposição e diâmetro suficientes para a remoção da espuma e lodo acumulados, assim como desobstrução dos dispositivos de entrada e

saída. As dimensões mínimas recomendadas que permitam acesso aos dispositivos são de 0,50 metros, para os tanques cilíndricos.

## 2.8. LEITO CULTIVADO COMO UNIDADE DE PÓS-TRATAMENTO.

Conforme Brasil (2007) o uso de leitos cultivados denominados “wetlands” tem aumentado desde a década de 70. Esta é uma técnica de tratamento de águas residuárias em área alagada, baseia-se em processos bióticos e abióticos. Os processos biológicos são desencadeados por microorganismos que se desenvolvem aderidos ao substrato, raízes ou colo das plantas, e mineralizam a matéria orgânica presente na água residuária, transformando-a em formas químicas inorgânicas (através da nitrificação e desnitrificação, por exemplo). Também ocorre a fitoabsorção, que é a capacidade das plantas de absorver nutrientes dissolvidos no meio. Os benefícios destes sistemas são o baixo custo de implantação e manutenção e melhoria da estética paisagística.

O mesmo autor destaca uma grande variedade de espécies vegetais que podem ser utilizadas nos “wetlands”, porém estas devem possuir fisionomia adequada com tolerância ao meio continuamente alagado conjugado à altas cargas de poluentes presentes na água residuária. As espécies mais utilizadas são as macrófitas, plantas aquáticas vasculares florescentes, que se desenvolvem naturalmente em solos saturados ou alagados. Dentre as mais utilizadas estão Taboa (*Typha sp.*), o Caniço-de-água (*Phragmites sp.*) e a Navalha de mico (*Scirpus sp.*). As macrófitas contribuem para a remoção de poluentes, facilitam a transferência de O<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O e H<sub>2</sub>S do sistema, estabilizam a superfície do leito pela formação de denso sistema radicular e absorvem N, P e outros nutrientes.

## 2.9. PARÂMETROS DE QUALIDADE DOS EFLUENTES: FÍSICOS, QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS

### 2.9.1. Cor

A cor da água é proveniente da matéria orgânica, como substâncias húmicas, taninos e metais dissolvidos (Fe e Mg) no efluente (Funasa, 2006).

### 2.9.2. Temperatura

A temperatura pode ser utilizada como um indicador da presença de ação microbiológica, além de ser um fator importante para a sobrevivência dos microrganismos dentro de um sistema (Funasa, 2006).

### 2.9.3. Alcalinidade

Entre as impurezas encontradas na água existem aquelas que são capazes de reagir com ácidos neutralizando-os, conferindo à água características de alcalinidade. Estas substâncias podem ser bicarbonatos (de cálcio, magnésio, sódio ou potássio), hidróxidos (de cálcio ou magnésio) e carbonatos (de cálcio ou magnésio). Águas muito alcalinas podem causar problemas como deposição de sedimentos e corrosão de tubulações (Funasa, 2006).

Segundo Santos (2009), a alcalinidade se relaciona intimamente ao pH e a redução de seus valores e da capacidade tampão do sistema podem levar a decréscimo dos valores de pH e taxa de nitrificação. A nitrificação gera íons  $H^+$  que reagem com compostos formadores de alcalinidade no meio.

### 2.9.4. Dureza

A dureza é calculada pelo somatório da concentração das diferentes formas de alcalinidade presentes na amostra do efluente, sendo estas os hidróxidos, carbonatos e bicarbonatos, expressa em mg/L de carbonato de cálcio. A presença de cátions metálicos bivalentes causa reações com sabão formando precipitados, e com certos ânions formando crostas. Os principais íons causadores de dureza são cálcio e magnésio, seguidos por zinco e estrôncio. Em alguns casos o alumínio e o ferro férrico são considerados como constituintes da dureza (Funasa, 2006).

### 2.9.5. Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH representa a concentração de íons hidrogênio em uma amostra. A escala de pH varia de 0 a 14, sendo que de 7 para baixo a amostra é considerada ácida, e de 7 para cima a amostra é considerada alcalina. Água com pH 7 é denominada neutra. O controle do pH é fundamental no tratamento de efluentes, pois influencia os processos de floculação, sedimentação e controle de desinfecção (Funasa, 2006).

### 2.9.6. Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica determina a capacidade que a água tem de conduzir a corrente elétrica. Depende das concentrações iônicas e temperatura, e indica a

quantidade de sais existentes na água, representando uma medida indireta da concentração de poluentes (Rodrigues, 2013).

#### 2.9.7. Sólidos Totais Dissolvidos

É um parâmetro que determina o conjunto de todas as substâncias orgânicas e inorgânicas contidas num líquido sob formas moleculares ionizadas ou microgranulares, determina a qualidade da água, pois avalia o peso total dos constituintes minerais presentes na água (Rodrigues, 2013).

#### 2.9.8. Demanda Química de Oxigênio (DQO)

A Demanda Química de Oxigênio (DQO) avalia a quantidade de oxigênio dissolvido (OD) consumido em meio ácido no processo de decomposição da matéria orgânica (MO). A DQO utiliza compostos químicos para decompor a MO, determinando com muito mais rapidez o OD gasto nos processos de oxidação da MO (Rodrigues, 2013).

#### 2.9.9. Análise Microbiológica

A análise microbiológica tem como finalidade determinar o número mais provável de colônias de bactérias na amostra (NMP). A análise detecta bacilos gram-negativos em forma de bastonetes, aeróbios ou anaeróbios, que fermentam a lactose entre 35 e 37° C, produzindo ácidos, gases e aldeídos em um período de 24 a 48 horas. A escolha desse grupo de microrganismos como indicador de contaminação da água deve-se por este grupo estar presente em fezes humanas e animais, são facilmente detectáveis e sua presença é utilizada como base para inferir o grau de contaminação da amostra por bactérias patogênicas intestinais (Funasa, 2006).

### **3. OBJETIVO**

O objetivo deste trabalho é avaliar o desempenho de um sistema de tratamento de esgoto composto por tanques sépticos e seguido de leito cultivado com Brita nº 2 como meio de suporte e taboa (*Thiphia sp.*).

#### **3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Verificar os principais parâmetros removidos nas unidades do tanque séptico:
- Analisar a eficiência do sistema completo em relação à eficiência do tanque séptico.

## 4. METODOLOGIA

### 4.1. CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA DE TRATAMENTO DO EFLUENTE DOMÉSTICO IMPLANTADO

Este trabalho foi desenvolvido na Chácara Almeida, situada no Bairro Furnas, no município de Bueno Brandão (22° 24' 42.33'' S e 46° 20' 07.92'' O). Foi instalado um sistema de tratamento de esgoto doméstico constituído por um sistema de tanque séptico de câmaras em série, composto por 4 tambores (barricas) com capacidade de 250 Litros cada e 1,05 m de altura, permanecendo fechadas e enterrados. O sistema foi construído com um desnível de 7° (sete graus) e é interligado por canos de PVC de 20 polegadas.

Em sequencia do sistema de TS foi instalado um leito cultivado composto por uma caixa d'água de 500 litros preenchida com brita nº 2 onde foi cultivado mudas de taboa (*Tiphia spp.*). A pressão gerada pela descarga do sanitário impulsiona o efluente pelos tambores até ser lançado no leito cultivado e posteriormente infiltra-se no solo.

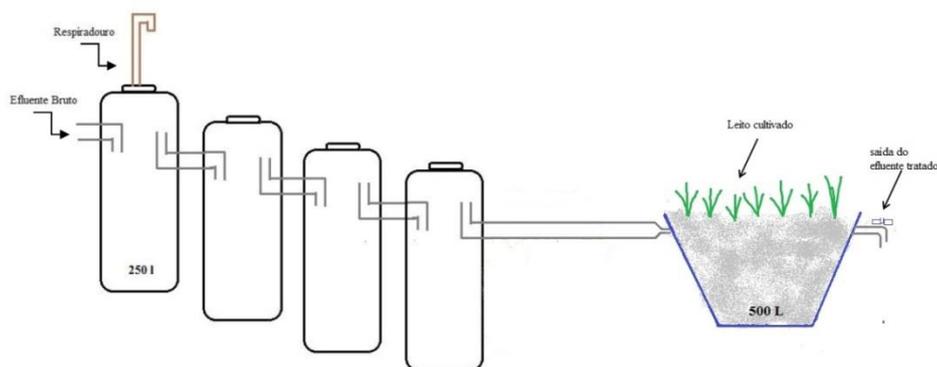


Figura 1: esquema do sistema de tratamento

O sistema é abastecido apenas pelo efluente proveniente dos vasos sanitários da residência. A depuração do efluente ocorre por conta da ação de microrganismos anaeróbios que decompõem a matéria orgânica do efluente. O sistema recebe uma vazão média de  $15 \text{ L h}^{-1}$  e TDH de 5 dias.

#### 4.2. MONITORAMENTO DO SISTEMA

O monitoramento da redução de poluentes nas unidades do sistema foi feito por meio de análises físico-químicas e microbiológicas. dos efluentes tratados nas unidades do tanque séptico e leito cultivado ao longo de quatro meses, para realização das análises físico-químicas e microbiológicas.

Em abril e maio de 2015 foi implantado o leito cultivado na sequencia do TS. Para que as análises do leito gerassem dados concretos, foi necessário esperar dois meses após a implantação para a realização da primeira amostragem, este intervalo foi necessário para a formação do biofilme no meio de suporte e crescimento das mudas de taboa.

Quatro coletas foram procedidas nos meses de junho, julho, agosto e setembro de 2015.

#### 4.3. MÉTODO DE COLETA

Em cada mês do estudo foram coletadas 6 (seis) amostras, das quais (3) três foram destinadas para as análises químicas e físicas e 3 (três) para análise microbiológica. As amostras foram tomadas do efluente bruto (primeiro tambor do sistema de tanque séptico), efluente tratado (saída do quarto tambor do sistema de tanque séptico) e do leito cultivado (unidade pós-tratamento recém-implantada).

Para as análises físico-químicas e microbiológicas foram coletadas amostras a uma profundidade média de 0,30 metros da superfície do efluente, empregando-se frascos plásticos esterilizados na coleta para as análises microbiológicas e, garrafas plásticas (PET) de dois litros na coleta para as análises físico-químicas.

As coletas foram realizadas com o auxílio de luvas de látex e um balde plástico preto (para reduzir a incidência de luz sobre as amostras). Após a coleta os frascos foram higienizados e etiquetados para posterior análise. A coleta das amostras foi feita sempre no período da manhã, entre às seis e sete horas, e encaminhadas para o

laboratório para a efetivação dos procedimentos de análise, no máximo 24 horas após a coleta.

#### 4.4. ANÁLISES LABORATORIAIS: PARÂMETROS FÍSICOS

##### 4.4.1. Cor

Para a análise de cor foi utilizado o colorímetro Plus marca Alfa Kit. Primeiramente foi realizada a calibração do equipamento com água micro filtrada e água destilada. Em seguida as amostras devem ser inseridas em cubetas especiais com tampas de plástico, higienizadas com papel e inseridas no equipamento para leitura (Rodrigues, 2013).



Figura 2: colorímetro Plus marca Alfa Kit (Fonte: autoria própria)

##### 4.4.2. Temperatura

A temperatura foi aferida por meio da introdução de um termômetro comum a uma profundidade média de 0,30 metros, dentro do primeiro e último tambor do tanque séptico e do leito cultivado.



Figura 3: termômetro simples (Fonte: autoria própria)

#### 4.5. ANÁLISES LABORATORIAIS: PARÂMETROS QUÍMICOS

##### 4.5.1. pH - Potencial de hidrogênio

Para a determinação do pH o Peagâmetro Digital PG 1800 marca Gehaka. foi utilizado. Foi realizado a calibração do equipamento com solução tamponada de pH igual a sete, sendo o eletrodo introduzido na solução antes da leitura da amostra. Posteriormente a amostra foi depositada em um Becker de 50 ml e o eletrodo foi introduzido novamente para aferição do pH das amostras (Rodrigues, 2013).



Figura 4: Peagâmetro Digital PG 1800 marca Gehaka (Fonte: autoria própria)

#### 4.5.2. Demanda Química de Oxigênio (DQO)

Foi adicionado em um tubo de ensaio 2,5 ml da amostra, 1,5 ml de solução digestora de dicromato de potássio 0,01667 M e 3,5 ml de solução catalisadora (ácido sulfúrico concentrado). O mesmo procedimento foi realizado para uma amostra de água destilada (denominada de “branco”, que foi utilizada para a calibração do aparelho). Em seguida os tubos foram direcionados para um digestor onde permaneceram por duas horas a uma temperatura de 150° C. Após as duas horas as amostras foram transferidas para cubetas de leitura do equipamento fotocolorímetro AT 100P. Após a calibração do aparelho com a amostra “branca”, fez-se a leitura das amostras de efluentes (Rodrigues, 2013).

#### 4.5.3. Sólidos Totais Dissolvidos (STD)

O equipamento utilizado para determinação STD é o condutivímetro Digital 150 calibrado para leitura de STD. A calibração do equipamento foi realizada utilizando a solução padrão de 149,9  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . porém o método distingue-se do da Condutividade por exigir a calibração e configuração do aparelho para a leitura da concentração de sólidos totais dissolvidos (Rodrigues, 2013).



Figura 5: Condutivímetro Digital 150 e solução padrão 149,9. (Fonte: autoria própria)

#### 4.5.4. Alcalinidade

Para aferição deste parâmetro depositou-se 50 ml da amostra em um Erlenmeyer e adicionaram-se três gotas da solução indicadora de vermelho de metila. Em seguida encheu-se uma bureta de 25 ml com uma solução de ácido sulfúrico 0,02 N e adicionou-se a solução de ácido sulfúrico gota-a-gota até que a amostra passasse da coloração azul esverdeada para róseo (Reação de Titulação). Então, anota-se o volume total da solução de ácido sulfúrico gasto em ml. O valor do volume total da solução de ácido gasto foi multiplicado por 20 (fator de correção), para que fosse adquirida a alcalinidade total em  $\text{mg.L}^{-1}$  de  $\text{CaCO}_3$  (Rodrigues, 2013).

#### 4.5.5. Condutividade Elétrica

O aparelho empregado na análise desse parâmetro é o mesmo empregado para medir a STD, o condutivímetro. Foi realizada a calibração do equipamento utilizando a solução padrão de 149,9  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Após a calibração, a amostra foi depositada em um Becker de 50 ml e o eletrodo foi introduzido na amostra para a leitura, após a estabilização os valores foram registrados (Rodrigues, 2013).

#### 4.5.6. Dureza

Primeiramente mediu-se com uma proveta 25 ml da amostra e transferiu-se para um Erlenmeyer de 250 ml, em seguida foi adicionado 25 ml de água destilada, um mililitro de hidróxido de amônia ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) para neutralizar a acidez, quatro mililitros de solução tampão pH igual a dez, cinco gotas do indicador negro de eriocromo-T (a solução ficará vermelho vinho), e titulou-se com solução EDTA 0,01M (é um ácido cristalino que serve como agente quelante) até a solução tornar-se azul puro, sem traços de violeta. O valor do EDTA gasto em ml foi anotado e realizou-se o seguinte cálculo para obtenção da Dureza:

$$Dureza = \frac{V' \times f \times 1000}{25}$$

$V'$  = volume de EDTA gasto na titulação

$f$  = fator do EDTA

#### 4.5.7. Análise Microbiológica

A análise microbiológica tem como finalidade determinar o número mais provável de colônias de bactérias na amostra (NMP). Para isso foram coletadas três

amostras em duplicata: uma amostra do primeiro tambor e uma do quarto tambor do sistema de tanques sépticos e uma amostra do leito cultivado.

Primeiramente preparou-se o material a ser utilizado, quais sejam: 54 tubetes, 54 tubos de Durhan, balança de precisão, autoclave, estufa bacteriológica, 19,6 g de caldo lactosado em 500 ml de água destilada, quatro pipetas graduadas. Os tubos de Durhan foram postos dentro dos tubos de ensaio invertidos. Com a pipeta foi adicionado 10 ml de caldo diluído em cada tubete, que foram fechados e dispostos em autoclave à 121°C por 15 minutos (Funasa, 2006).

Após a esterilização e esfriamento dos tubetes foram separados 18 tubetes para cada amostra, sendo estes demarcados de acordo com o ponto de coleta e concentração do efluente. Para cada amostra os tubetes foram separados em três grupos, os que receberam 10 ml da amostra (concentração 1:1), os que receberam 1 ml da amostra (diluição 1:10) e os que receberam 0,1 ml da amostra (diluição 1:100). Este processo foi repetido para as três amostras coletadas, isto é, do primeiro e último tambor do tanque séptico e do leito cultivado a uma profundidade média de 30 cm (Funasa, 2006).

Em seguida os tubos foram postos em estufa aquecida a 35° C por 24-48 horas. Após este período observou-se se houve produção de gás dentro do tubete, situação esta interpretada como resultado positivo para presença de microorganismos; ou, se não houver produção de gás, o resultado do teste é negativo. Os resultados são obtidos observando a combinação formada pelo número de tubos positivos que apresentam as diluições 1:1, 1:10 e 1:100. Estas variações são comparadas à tabela abaixo, que apresenta os valores de NMP de acordo com as possíveis variações (Funasa, 2006).

Tabela 1: valores para a aferição de NMP

Número de tubos cujo crescimento é visível para cada quantidade do produto sob exame			Número Mais Provável de microrganismos / mL
10 mL /tubo	1 mL /tubo	0.1 mL /tubo	
0	0	0	<3
0	0	1	3
0	1	0	3
1	0	0	4
1	0	1	7
1	1	0	7
1	1	1	11
1	2	0	11
2	0	0	9
2	0	1	14
2	1	0	15
2	1	1	20
3	2	2	210
3	3	0	240
3	3	1	460
3	3	2	1100
3	3	3	>2.400

Fonte: Funasa, 2006)

#### 4.6. CÁLCULO DA EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO (ER)

A ER é calculada pela razão entre o somatório dos valores de um parâmetro em um determinado mês e o valor do parâmetro no ponto de coleta a ser analisado, por fim esse resultado é multiplicado por cem.

Foram calculadas a ER do TS, razão entre os resultados do primeiro tambor e do último tambor, e a ER total, razão entre os resultados do primeiro tambor e do leite cultivado.

#### 4.7. TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS

Os dados foram processados pelo programa SAS System e as médias foram contrastadas pelo Teste de Tukey a 1% de significância.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias, desvio padrão e coeficientes de variação dos parâmetros estudados estão descritas na Tabela 2.

Tabela 2.: Parâmetros de qualidade do efluente ao longo do sistema.

The SAS System  
The MEANS Procedure

Variable	N	Mean	Std Dev	Coeff of Variation	Minimum	Maximum
COR	12	2039.45	1718.79	84.2774105	400.0000000	5000.00
PH	12	7.2666667	0.5158106	7.0983114	6.3000000	7.9000000
CONDUTIV	12	1560.78	415.5227919	26.6227082	308.9000000	1873.00
SOL_TOT	12	825.5500000	86.0993665	10.4293340	693.0000000	943.1000000
ALCALIN	12	510.9333333	161.0830917	31.5272231	137.2000000	820.0000000
DUREZA	12	888.1416667	742.0491695	83.5507664	132.8000000	2931.00
DQO	12	718.2400000	559.2542908	77.8645426	37.5000000	2020.00
TEMP	12	21.4166667	3.4498573	16.1082830	15.0000000	26.0000000
MICROB	12	10.1750000	26.9221816	264.5914656	0	93.0000000

Observa-se, da análise conjunta das variáveis, que existe diferença altamente significativa na remoção de parâmetros indicadores de poluição, demonstrado a seguir:

Foi realizado um contraste de médias para investigar entre quais unidades do sistema foi mais significativa a remoção de poluentes. O resultado demonstrou diferenças altamente significativas entre o Tambor 1 e o Tambor 4 e entre o Tabor 1 e Leito Cultivado, como visto a seguir.

Tabela 3: Contraste de médias entre os resultados dos parâmetros

Estimates (CONTRASTES=COMPARAÇÕES DIRETAS)

Label	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr >  t
TAMBOR 01 vs TAMBOR 04	2980.51	459.70	9	6.48	0.0001 **
TAMBOR 01 vs LEITO	3514.43	459.70	9	7.65	<.0001 **

The SAS System (TESTE DE MÉDIAS=TUKEY)

As variáveis da qualidade do efluente ao longo do sistema de tratamento, bem como o resultado do contraste de médias para cada parâmetro avaliado, encontram-se na tabela 4.

Tabela 4: Variáveis da qualidade do efluente ao longo do sistema de tratamento

Ponto de coleta	cor	pH	Condutividade	STD	Alcalinidade
1º tambor	4204,4 A	7,3 A	1747 A	878,6 A	600 A
4ºtambor	1223,9 B	7,0 A	1660 A	830 A	471 A
Leito	690,0 B	7,5 A	1275,4 A	768,1 A	461,8 A
Ponto de coleta	Dureza	DQO	Temp	Microb	
1º tambor	1247,6 A	1214,3 A	23,8 A	24,8 A	
4ºtambor	500,2 A	681,6 AB	22,3 AB	5,8 A	
Leito	916,6 A	258,9 B	18,3 B	0 A	

Letras diferentes na mesma coluna representam diferença altamente significativa ( $P < 0,01$ ).

Os resultados numéricos individuais das análises realizadas no trabalho são apresentadas no Anexo I e relacionam os parâmetros físicos, químicos e microbiológicos, na primeira e última unidades do sistema, em função do tempo de coleta de dados. Além disso, é representado e descrito em percentuais, a eficiência de remoção (EF) dividida em: Eficiência de Remoção nas unidades do Tanque Séptico (ER do TS) e Eficiência de Remoção Total (ER Total) que considera o leito cultivado como a última unidade do sistema.

Nos tópicos a seguir os parâmetros são abordados individualmente e discutidos segundo os resultados das análises dispostos em gráficos. Os gráficos representando a eficiência de remoção do sistema (ER) possuem duas variáveis, a ER do tanque séptico (ER do TS), que corresponde ao coeficiente de remoção dos parâmetros entre primeiro e o quarto tambor do tanque séptico, desconsiderando o leito cultivado e, ER total, que descreve o coeficiente de remoção entre o primeiro tambor do TS e o leito cultivado, ou seja, abordando o sistema e o pós tratamento implantados.

## 5.1. COR

A cor apresentou-se elevada no efluente bruto (1º tambor) e sofreu significativa redução nos valores ao longo do tratamento ( $P < 0,01$ ), como é possível observar no figura 6, onde a análise estatística mostrou diferença significativa entre os resultados encontrados nos pontos de coleta, representada pelas letras A e B. Desde a entrada até a saída do tanque séptico sua eficiência de remoção foi em média de 60%, esta redução pode ser explicada devido à ação de microrganismos que absorvem os sólidos dissolvidos no efluente a fim do aumento de biomassa. Os processos de sedimentação e flotação também são relevantes, pois se pode observar que a sedimentação do lodo e formação de espuma no sistema é evidenciada exclusivamente no primeiro tambor, decrescendo a medida que o efluente passa pelos demais tambores.

Ao chegar ao leito cultivado os valores são reduzidos ainda mais chegando a uma eficiência de remoção média de 82%. O meio de suporte do leito (pedra britada) propicia a formação de biofilme que é a reprodução de microrganismos aderidos nas fissuras das pedras, propiciando a maior adsorção de sólidos dissolvidos no meio, enquanto a espécie cultivada no meio através da fitoabsorção colabora com a absorção de sólidos, além de conter bactérias em seu sistema radicular que desempenham o mesmo papel. Os resultados da eficiência de remoção do sistema podem ser visualizados na Figura 7.

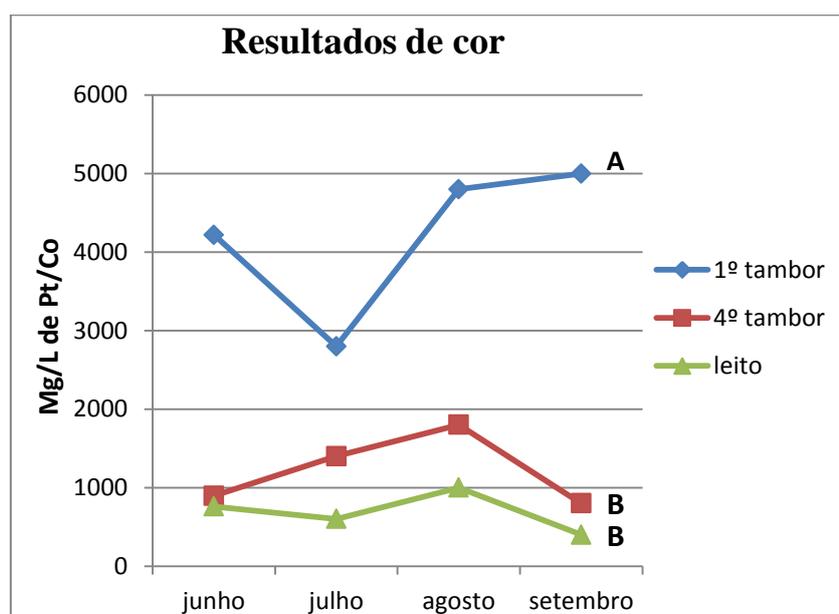


Figura 6: valores registrados em colorímetro nos diferentes pontos de coleta no decorrer da pesquisa. (Fonte: autoria própria)

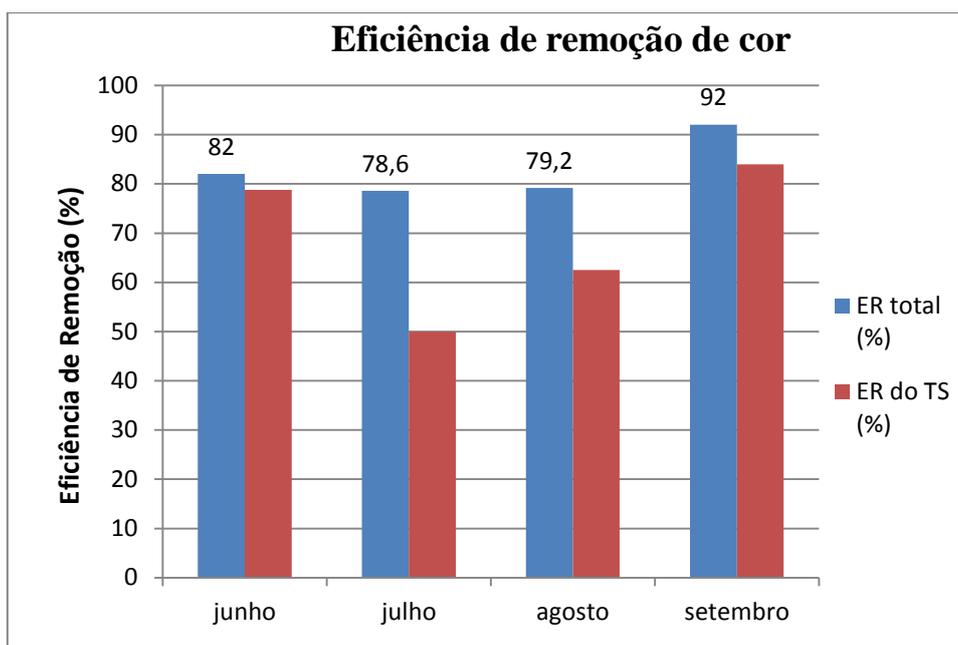


Figura 7: Eficiência de remoção de cor pelo tanque séptico e em conjunto com o leito cultivado. (Fonte: autoria própria).

Na Figura 7 observa-se que o leito cultivado contribui para a remoção da cor do efluente, e este fato é mais visível nos meses de julho e agosto. Ao observar a Figura 6 é perceptível a diferença de coloração entre as diferentes fases do tratamento do efluente, o esgoto bruto apresenta coloração mais escura devido a alta concentração de matéria orgânica e sólidos. No quarto tambor e no leito este valor é reduzido, provavelmente devido os processos de digestão da matéria orgânica, sedimentação e floculação dos sólidos encontrados no efluente.

## 5.2. TEMPERATURA

A análise do gráfico, representado pela Figura 8, demonstra que a temperatura decresceu estatisticamente ( $P < 0,01$ ) do 1º tambor para o leito cultivado, sendo esta diferença mais notada no mês de julho, início do inverno quando a amplitude térmica é maior.

A temperatura média do efluente bruto no primeiro tambor foi de 24° C, e no quarto tambor de 23° C demonstrando que a temperatura mais elevada possa ser devido à digestão anaeróbia. As reações de decomposição da matéria orgânica por microrganismos e reações físicas tem como resultado a liberação de calor, aumentando

assim a temperatura no primeiro tambor. A temperatura se mantém elevada e constante pois os tambores se encontram abaixo do nível do solo, podendo ocorrer transferência de calor acumulado no dia, por condutividade entre sólidos (solo e tambores) não havendo contato da atmosfera com o efluente. No leito cultivado, a temperatura é inferior pode ser explicada por baixas temperaturas do outono e inverno e à exposição do efluente à atmosfera, pois o leito situa-se acima da superfície do solo. Os dados coletados do sistema podem ser visualizados na Figura 8.

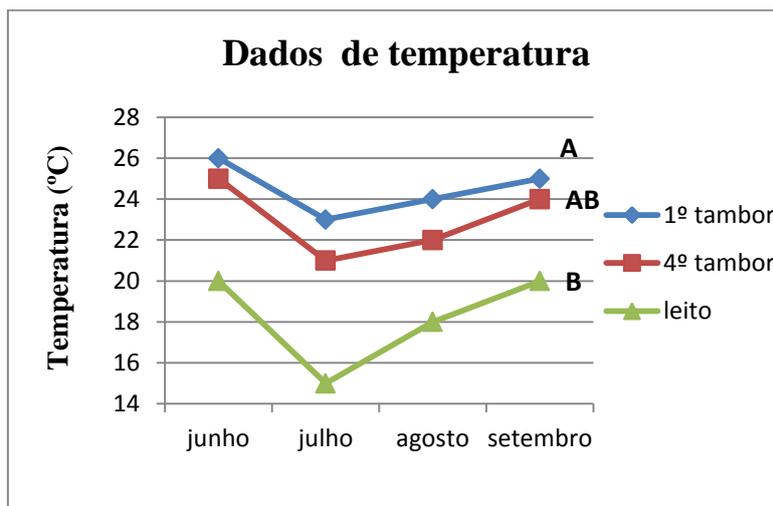


Figura 8: valores de temperatura nos diferentes pontos de coleta no decorrer da pesquisa. (Fonte: autoria própria).

### 5.3. POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH)

Não houve variação significativa nos valores de pH nos diferentes pontos de coleta, mantendo-se em torno da média, 7. O pH é um fator limitante para o desenvolvimento da microbiota no meio. Diferentes autores apontam que os microrganismos se desenvolvem melhor em meio com faixa de pH entre 6,5 e 7,5, considerado ótima para digestão anaeróbia (Von Sperling, 1996), fato constatado nas unidades do TS,

De acordo com Brasil (2007), o leito cultivado a faixa de pH registrada foi considerada ideal, pois o meio ácido dificulta a formação de biofilme e desenvolvimento das plantas. Os dados de pH do sistema podem ser visualizados no gráfico 4.

Conforme o mesmo autor, o pH influencia as transformações bioquímicas pois afetam a estrutura química de compostos orgânicos, além de controlar a

solubilidade de sólidos e gases. Ambientes onde a faixa de pH varia entre 4,0 e 9,5 são considerados ideais para o desenvolvimento de microrganismos responsáveis pela degradação orgânica. Já as bactérias desnitrificantes se adaptam melhor em meio com pH entre 7,0 e 7,5, enquanto as bactérias nitrificantes preferem meios com pH entre 7,2 e 8,0.

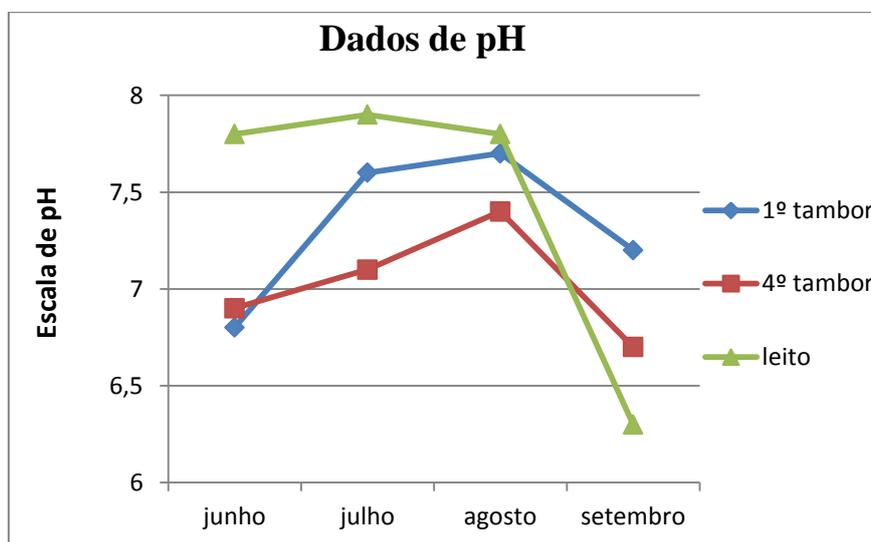


Figura 9: valores de pH nos diferentes pontos de coleta no decorrer da pesquisa. (Fonte: autoria própria).

#### 5.4. DQO

O efluente bruto apresentou DQO média de 1214 mg/l, um valor considerado alto comparado com análises de outros sistemas como o de Santos, (2012), que apresentou valores médios de 400 mg/l. Esta diferença é devido o sistema ser abastecido apenas com efluente sanitário, sem que haja diluição além da água utilizada na descarga, ocasionando alta concentração de matéria orgânica.

No quarto tambor, sendo a saída do tanque séptico os valores médios são de 680 mg/l, mostrando que houve uma redução significativa ( $P < 0.01$ ) da matéria orgânica presente no efluente devido a digestão anaeróbia. Já no leito cultivado o valor médio encontrado foi de 258 mg/l, ( $P < 0.01$ ) mostrando que o leito proporciona a decomposição da matéria orgânica presente no efluente, através da digestão anaeróbia e fitoabsorção, como é possível observar na Figura 10.

O sistema apresentou eficiência de remoção de DQO de 80%. Segundo Sobrinho e Said (1991), um tanque séptico pode atingir de 50% a 80% de eficiência na remoção de Demanda Química de Oxigênio (DQO). Já para Jordão e Pessoa (1995) os

tanques sépticos não atingem alta eficiência de remoção para sólidos em suspensão e DQO. As porcentagens de ER do sistema podem ser analisadas no gráfico 6.

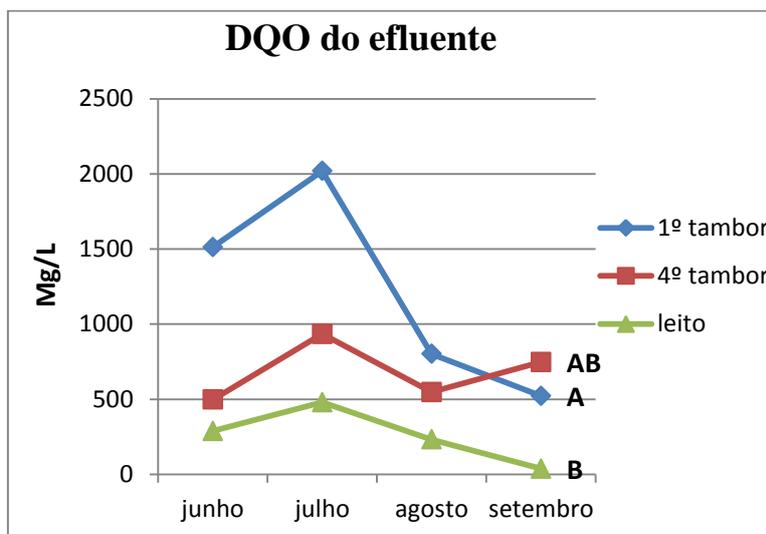


Figura 11: valores de DQO nos diferentes pontos de coleta no decorrer da pesquisa. (Fonte: autoria própria).

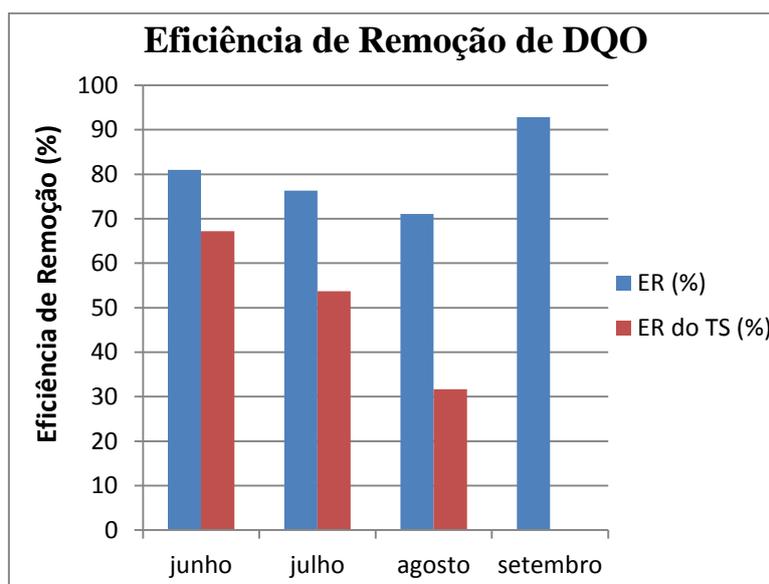


Figura 12: Eficiência de remoção de DQO pelo tanque séptico e em conjunto com o leito cultivado. (Fonte: autoria própria).

## 5.5. SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS

Os valores médios encontrados no efluente bruto foram de 878 ppm, e 830 ppm no quarto tambor, demonstrando que o tanque séptico não foi eficiente na remoção de sólidos totais dissolvidos, apresentando uma eficiência de remoção média de 5%. Após a passagem do efluente pelo leito cultivado foi observada uma redução média de 12%. Embora o leito cultivado tenha contribuído na remoção de STD, sendo os

processos de absorção pelo biofilme e fitoabsorção responsáveis pela redução dos valores de sólidos dissolvidos, como é possível observar na Figura 13, esta diferença não representou diferença significativa .

Para Chernicharo (1997) a eficiência de remoção de sólidos totais dissolvidos é de 20% a 90. Ávila (2005) define uma eficiência de remoção para sólidos dissolvidos de 50% a 70%.

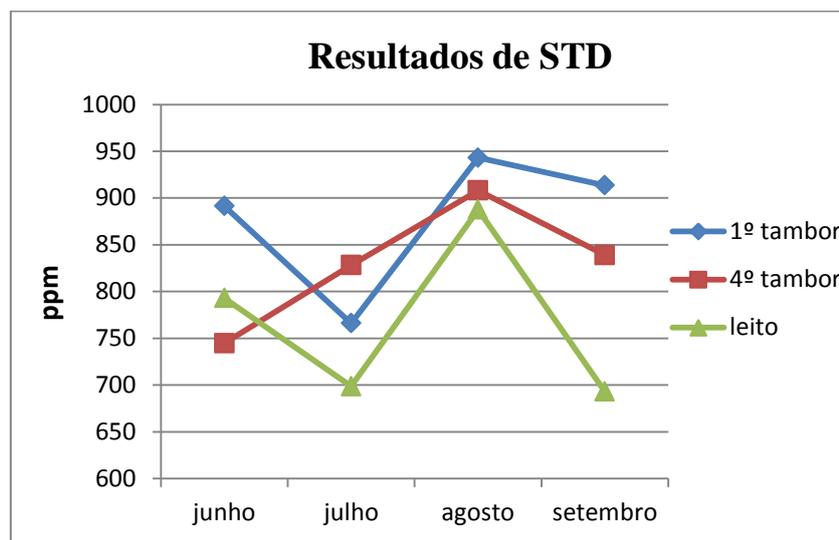


Figura 13: valores de STD nos diferentes pontos de coleta no decorrer da Pesquisa. (Fonte: autoria própria).

A baixa eficiência na redução deste parâmetro em comparação com os autores citados, pode ser explicada pelo diminuto tempo de operação do sistema completo, que pode não estar operando todo seu potencial, além das baixas temperaturas registradas no inverno.

## 5.6. ALCALINIDADE

Foram obtidos valores médios de 600 mg /L no efluente bruto, este valor foi reduzido para 471 mg L no último tambor do tanque séptico, sendo a eficiência média de remoção do tanque de 15%. Os valores médios obtidos no leito cultivado foram de 461 mg L, tendo-se uma eficiência de remoção média de 16% após o tratamento do efluente, não diferindo estatisticamente entre as unidades. Como se observa no gráfico 9 a seguir, os resultados de alcalinidade variaram durante a pesquisa, o 1º tambor apresentou redução da alcalinidade até o mês de agosto, coincidindo com uma queda nos valores de pH e temperatura no mesmo período. Provavelmente a temperatura influencia nos valores de alcalinidade dentro do 1º tambor, sendo mais elevados em

temperatura superior a 24° C. O 4º tambor manteve valores estáveis, já a leito cultivado, sofreu variação no mês de setembro, por conta das chuvas que diluíram o efluente do tanque séptico.

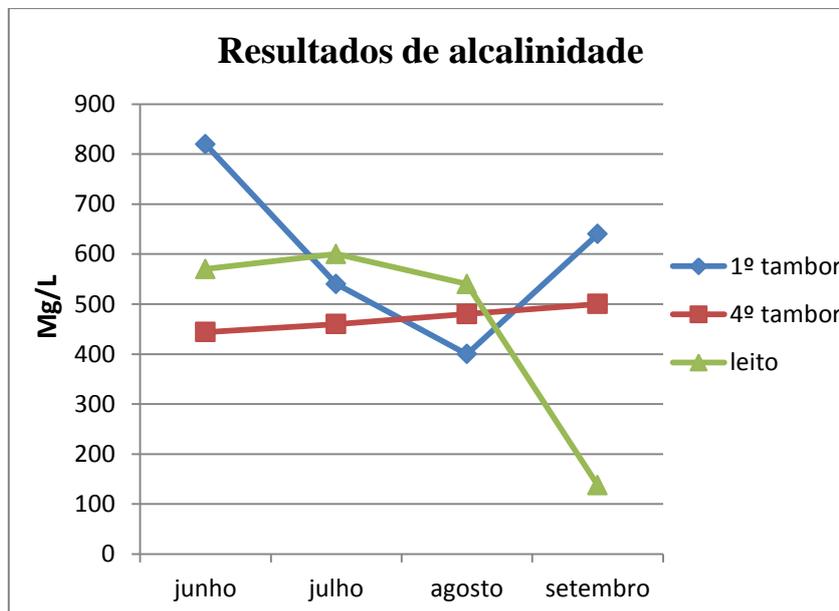


Figura 14: valores de alcalinidade nos diferentes pontos de coleta no decorrer da pesquisa. (Fonte: autoria própria).

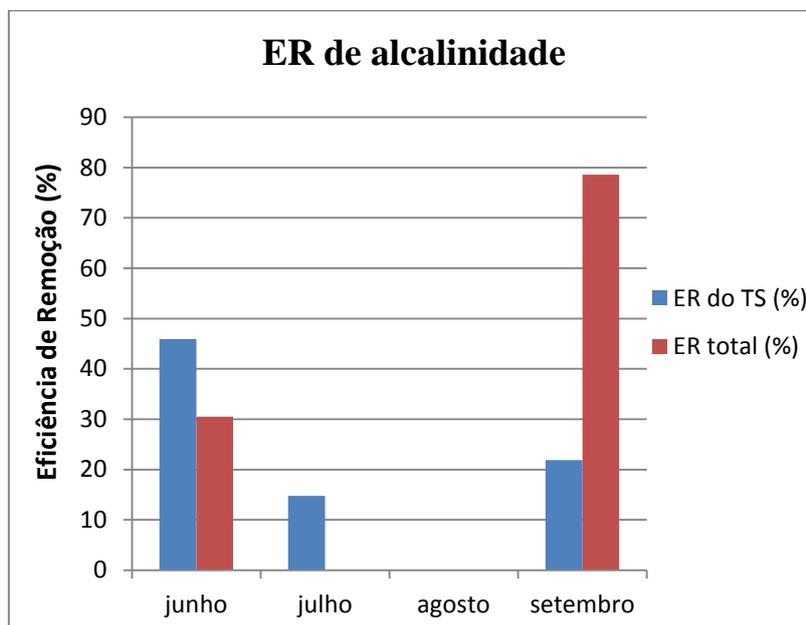


Figura 15: Eficiência de remoção de alcalinidade pelo tanque séptico e em conjunto com o leito cultivado. (Fonte: autoria própria).

Na Figura 16 é possível observar que não houve remoção de alcalinidade no mês de agosto e em julho o ER total foi 0. Segundo Santos (2009) a alcalinidade esta

intrinsecamente relacionada ao pH, e sua redução ocasiona acidificação do meio e redução da taxa de nitrificação. A nitrificação libera íons  $H^+$  que aumentam a alcalinidade do meio. Portanto este aumento da alcalinidade (como está disponível no anexo I) pode ser um indicador de que existam bactérias nitrificadoras no meio.

No mês de setembro houve um pico na ER total do sistema, essa discrepância se deu por conta das chuvas que diluíram o efluente do leito cultivado, alterando os dados. Porém esta alteração só ocorreu no leito cultivado, pois no tanque séptico o efluente não possui contato com a atmosfera.

### 5.7. CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

O valor médio encontrado no efluente bruto foi de 1747  $\mu s/cm$ , havendo uma redução para 1660  $\mu s/cm$  após o tratamento no tanque séptico, representando eficiência de remoção média de 5%. Os valor médio encontrado no leito cultivado foi de 1275  $\mu s/cm$ , sendo assim o sistema apresentou eficiência de remoção total de 27%.

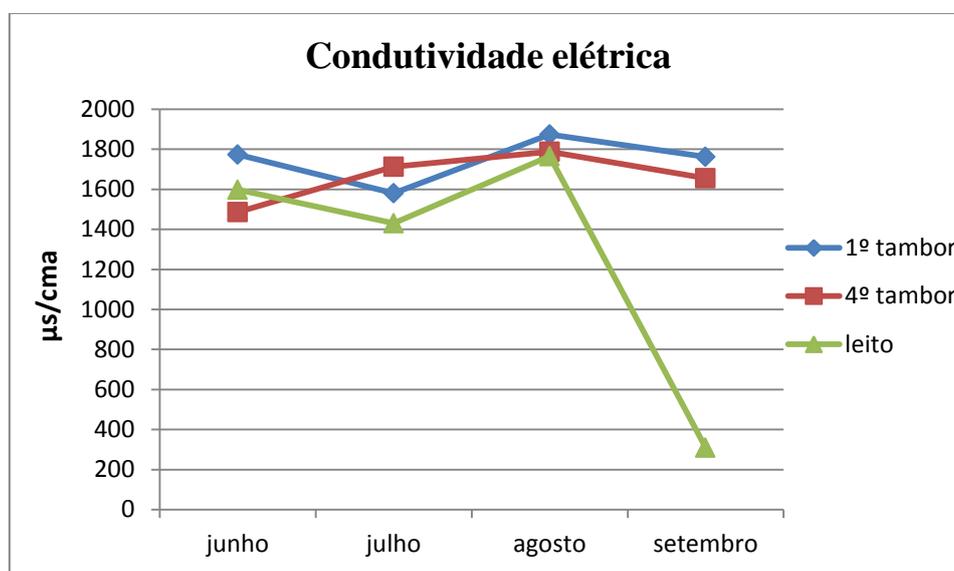


Figura 16: valores de condutividade elétrica nos diferentes pontos de coleta no decorrer da pesquisa. (Fonte: autoria própria).

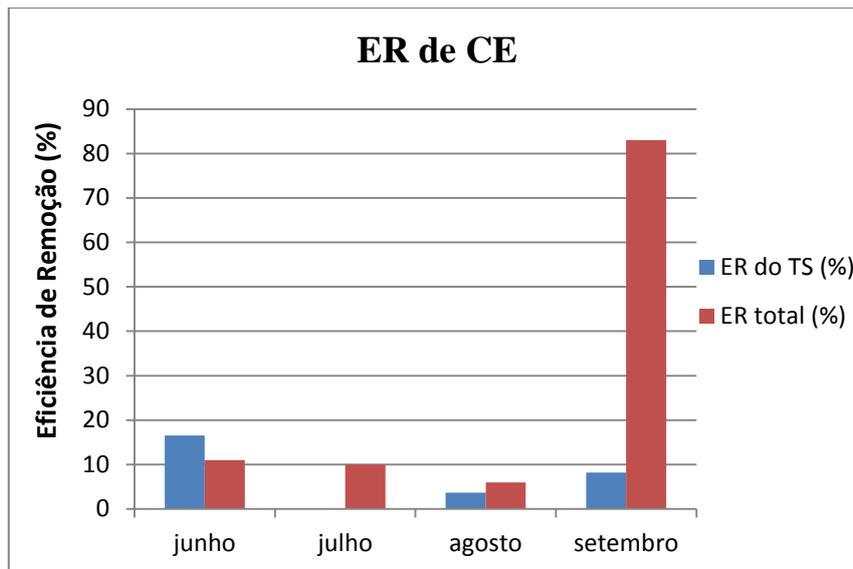


Figura 17: Eficiência de remoção de condutividade elétrica pelo tanque séptico e em conjunto com o leito cultivado. (Fonte: autoria própria).

Brasil (2010) encontrou valores médios de CE 403  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , sendo inferiores aos encontrados nesta pesquisa. Segundo Brasil (2010), para o uso de águas residuárias sem restrições, os valores de CE devem ser inferiores a 700  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , valores de CE acima de 4000  $\mu\text{s}/\text{cm}$  prejudicam o desenvolvimento das macrófitas.

O sistema apresentou baixa eficiência na remoção de CE, porém os valores em relação aos pontos de coleta variaram, como no mês de julho, onde o valor de CE do 4º tambor se mostra acima do encontrado no 1º tambor, provavelmente a temperatura (23° C, menor registrada no período do estudo) influenciou o resultado deste parâmetro. No mês de setembro o valor encontrado no leito cultivado se destacou em relação aos outros (300  $\mu\text{s}/\text{cm}$  contra a média de 1275  $\mu\text{s}/\text{cm}$ ), isso pode ser explicado pela diluição do efluente do leito pela água de precipitação. Devido o leito ser exposto a atmosfera as chuvas alteram a composição do efluente ocasionando sua diluição.

## 5.8. DUREZA

A média dos valores encontrados no efluente bruto foi de 1248 mg/L de  $\text{CaCO}_2$ , e após o tratamento estes valores foram reduzidos para 500 ppm de  $\text{CaCO}_2$ , demonstrando que o tanque séptico foi responsável por 50% da concentração de  $\text{CaCO}_2$  do efluente. Após o tratamento pelo leito cultivado os valores médios encontrados foram de 916 mg/L de  $\text{CaCO}_2$ , mostrando que com relação a este parâmetro não houve

redução dos valores e sim aumento das concentrações de  $\text{CaCO}_2$ . Com exceção dos meses de julho e setembro os valores encontrados no 1º tambor são inferiores aos encontrados no leito cultivado, mostrando que ao chegar ao leito o efluente passa por um acréscimo na dureza.

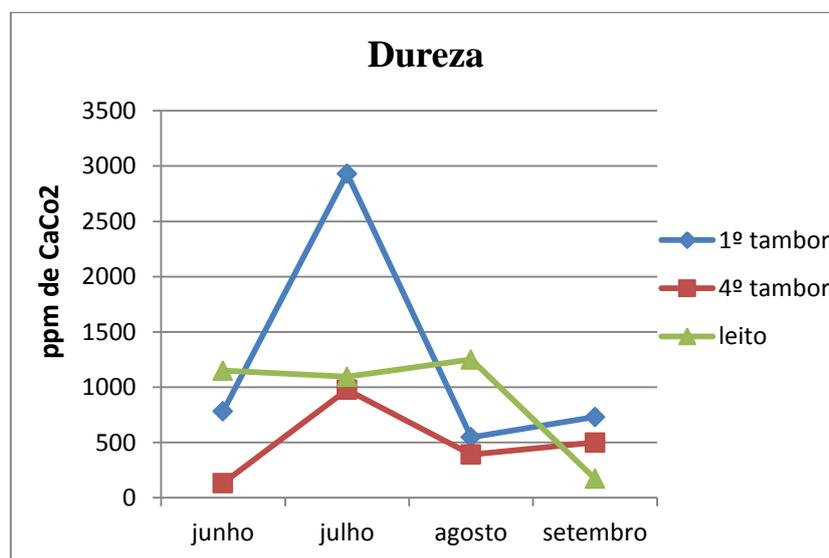


Figura 18: valores de dureza nos diferentes pontos de coleta no decorrer da pesquisa. (Fonte: autoria própria).

## 5.9. MICROBIOLOGICA

A análise microbiológica detectou um valor médio de 33 NMP/100 ml de coliformes termotolerantes nas amostras de esgoto bruto, sendo o maior valor encontrado no mês de junho de 93 NMP/100 ml de esgoto. Nos meses de julho e setembro a análise resultou em coliformes ausentes. Na análise do efluente bruto do mês de agosto a contagem resultou em 6,1 NMP/100 ml de esgoto.

Segundo Filho (2007), utilizando o método de tubos múltiplos seguindo o método preconizado no "Standard Methods Forthe Examination Of Water And Wasterwaterda APHA/AWWA (20ª edição), " para o exame bacteriológico de coliformes termotolerantes em esgoto de ETE de Goiânia detectou de 106 a 107 N.M.P./100mL, resultados compatíveis com parte do encontrado neste trabalho. Outras análises devem ser procedidas para se concluir sobre a eficiência deste sistema na remoção microbiológica. Os resultados demonstraram inconsistência no perfil de remoção destes parâmetros e este fato pode ser explicado, em parte, por reduzido tempo entre a implantação do sistema e a coleta dos dados para as análises.

## **6. CONCLUSÕES**

Os resultados obtidos mostraram boa eficiência de remoção para parâmetros como DQO, cor e coliformes fecais, que atingiram eficiências de remoção médias de respectivamente 80%, 83%, e 99%. Estudos sobre a eficiência de sistemas de tanque séptico são embasados em estudos que demonstram eficiência de remoção moderada no que se refere à remoção da matéria orgânica e fraca na remoção de microrganismos patogênicos, todavia a remoção de sólidos suspensos atinge boa eficiência. Segundo Von Sperling (1996), os valores de eficiência de remoção esperados são de 30 a 40 % para matéria orgânica e 30 a 40 % para remoção de microrganismos patogênicos.

O sistema se mostrou uma alternativa para o tratamento de efluentes em áreas onde não há coleta e tratamento de esgoto, porém a baixa ER de alguns parâmetros pode ser em parte explicada pelo curto tempo entre a implantação do pós-tratamento (leito cultivado) e as análises laboratoriais, sugerindo-se outra bateria de análises futuramente.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTVATER P. K. **Avaliação do Desempenho de um Tanque Séptico Modificado e Tratamento Complementar**. Curitiba. Dissertação de Pós-graduação em Engenharia de Recursos Hídricos. UFP, 2008.

ALMEIDA, R. A.; PITALUGA, D. P.; REIS, R. P. A. **Tratamento de esgoto doméstico por zona de raízes precedida de tanque séptico tanque séptico**. Universidade Federal de Goiás. Revista Biociências, UNITAU. Volume 16, número 1, 2010. Disponível em <periodicos.unitau.br>.

ÁVILA R. O. **Avaliação do Desempenho de Sistemas Tanque Séptico-Filtro Anaeróbio com Diferentes Tipos de Meio Suporte**. UFRJ. Dissertação. Programa de pós-graduação em ciências em engenharia civil. 2005.

BOTTAMEDI D.; BONAMENTE J. L. **Tratamento de efluentes líquidos residenciais utilizando sistemas condominiais**. Centro Universitário Leonardo da Vinci – UNIASSELVI. Graduação em gestão ambiental. 2012.

BRASIL M. S.; MATOS A. T.; SOARES A. A. **Plantio e desempenho fenológico da taboa (*Thypha sp.*) Utilizada no tratamento de esgoto doméstico em sistema alagado construído**. Engenharia sanitária ambiental. Vol.12 - Nº 3 - jul/set 2007, 266-272.

CHERNICHARO, C.A.L. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias – Vol. 5 – Reatores Anaeróbios**. Belo Horizonte: Segrac, 1997. 246 p.

COLARES C. J. G; SANDRI D. **Eficiência do Tratamento de Esgoto com Tanques Sépticos Seguidos de Leitões Cultivados com Diferentes Meios de Suporte**. Universidade Estadual de Goiás. Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science: v. 8, n.1, 2013.

FILHO F. M. A; SILVA L. M. **Avaliação das Concentrações de Coliformes no Afluente e Efluente da ETE Goiânia em 2007**. Universidade Católica de Goiás. Engenharia Ambiental. 2007.

FUNASA. **Manual Prático de Análise de água**. Fundação Nacional de Saúde. Ministério da Saúde. 2º ed. 2006.

IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, 2008**. Ministério do Planejamento, orçamento e gestão. Ministério das cidades. Rio de Janeiro. 2010.

ITB. Instituto Trata Brasil, **Situação do Saneamento no Brasil**. 2012. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/situacao-do-saneamento-no-brasil>>.

JORDÃO, E. P.; PESSOA, C.A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 4. ed. Rio de

Janeiro: ABES, 2005.

MELLO E. J. R. **Avaliação da estação de tratamento de esgoto do Bairro Novo Horizonte na cidade de Araguari – MG.** Uniminas. Pós-graduação em engenharia sanitária. Uberlândia. 2007.

NBR 13969. **Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação.** ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro. 1997.

QUEGE K. E.; ALMEIDA R. A.; UCKER. F E. **Utilização de plantas de bambu no tratamento de esgoto sanitário pelo sistema de alagados construídos.** REGET/UFSM. v(10), nº 10, p. 2069-2080, JAN-ABR, 2013.

RODRIGUES, O. E., **Apostila prática de análise de água.** Instituto Federal do Sul de Minas – Campus Inconfidentes. 1ª edição. 2013.

SAMUEL. P.R S. **Alternativas Sustentáveis de Tratamento de Esgotos Sanitários Urbanos, Através de Sistemas Descentralizados, para Municípios de Pequeno Porte.** UFRGS. Dissertação. Programa de pós-graduação em engenharia. 2011.

SANTOS L. R. **Pós-Tratamento de Efluentes de Filtro Anaeróbio Precedido de Tanque Séptico por Filtros Aeróbios Intermitentes de Areia.** Universidade Estadual da Paraíba. Dissertação. Programa de pós-graduação de ciências em tecnologia ambiental. 2012.

SANTOS Y. T. C. **Caracterização do Conteúdo de Fossas e Tanques Sépticos na Cidade de Natal.** UFRN. Dissertação. Programa de Pós-graduação em engenharia sanitária. Natal, 2009.

SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto.** Ministério das Cidades. Brasília, 2003.

VON SPERLING, M. **Princípios básicos do tratamento de esgotos.** Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais , 1996.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

## APÊNDICE I

**Tabela 4: Resultados dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos nas unidades do sistema, em função do tempo de coleta.**

Parâmetros	cor (Mg/L de Pt/Co)				pH (mg/L)				condutividade (µs/cma)			
	junho	julho	Agosto	Setembro	junho	julho	agosto	Setembro	junho	julho	agosto	Setembr o
<b>1º Tambor</b>	4217,7	2800	4800	5000	6,8	7,6	7,7	7,2	1773	1580	1873	1762
<b>4º Tambor</b>	895,65	1400	1800	800	6,9	7,1	7,4	6,7	1486	1712	1787	1655
<b>Leito</b>	760	600	1000	400	7,8	7,9	7,8	6,3	1597,5	1430	1765	308,9
<b>ER do TS (%)</b>	78,8	50,0	62,5	84,0	-1,5	6,6	3,9	6,9	16,2	-8,4	4,6	6,1
<b>ER (%)</b>	82,0	78,6	79,2	92,0	-14,7	-3,9	-1,3	12,5	9,9	9,5	5,8	82,5
<b>ER total</b>	82,9				-1,9				26,9			

Sólidos totais dissolvidos (mg/L)				Alcalinidade (Mg/L)			
junho	julho	agosto	Setembro	junho	julho	agosto	Setembro
<b>891,4</b>	766,1	943,1	913,6	820	540	400	640
<b>744,7</b>	828,2	908,1	839	444	460	480	500
<b>793,1</b>	698,7	887,6	693	570	600	540	137,2
<b>16,5</b>	-8,1	3,7	8,2	45,9	14,8	-20,0	21,9
<b>11,0</b>	8,8	5,9	24,1	30,5	-11,1	-35,0	78,6
<b>12,5</b>				15,7			

Dureza (ppm de CaCo2)				DQO (mg/L)				temperatura (°C)				microbiológica (NMP/100 ml)			
junho	julho	agosto	Setembro	junho	julho	agosto	setembro	junho	julho	agosto	setembro	junho	julho	agosto	setembro
<b>781,6</b>	2931	547,1	730,8	1513,1	2020	801,7	522,3	26	20	24	25	93	0	6,1	0
<b>132,8</b>	977	390,8	500,2	496,98	934,4	547,3	747,5	25	18	22	24	23	0	0	0
<b>1149,7</b>	1094,2	1250,5	172	287,7	478,8	231,6	37,5	20	15	18	20	0	0	0	0
<b>83,0</b>	66,7	28,6	31,6	67,2	53,7	31,7	-43,1	3,8	10,0	8,3	4,0	75,3	0,0	100,0	0
<b>-47,1</b>	62,7	-128,6	76,5	81,0	76,3	71,1	92,8	23,1	25,0	25,0	20,0	100,0	0,0	100,0	0
<b>-9,1</b>				80,3								100			

## APÊNDICE II



Figura 19: abertura do tanque séptico (Fonte: autoria própria).



Figura 20: Leito cultivado (Fonte: autoria própria).



Figura 21: aparência do efluente antes e após o tratamento (Fonte: autoria própria).



Figura 22: interligação entre o TS e leito cultivado (Fonte: autoria própria).