



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E  
AMBIENTAL  
CURSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**

**VINÍCIUS TADEU DE SOUSA SILVA**

**TRATAMENTO UNIFAMILIAR DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DE ORIGEM  
DOMÉSTICA**

**CAMPINA GRANDE – PB**

**2012**

**VINÍCIUS TADEU DE SOUSA SILVA**

**TRATAMENTO UNIFAMILIAR DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DE ORIGEM  
DOMÉSTICA**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado a Coordenação do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

**Orientador: Prof. Dr. José Tavares de Sousa**

**CAMPINA GRANDE – PB**

**2012**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL – UEPB

S586t Silva, Vinícius Tadeu de Sousa.  
Tratamento unifamiliar de águas residuárias de  
origem doméstica. [manuscrito] / Vinícius Tadeu de  
Sousa Silva. – 2012.  
50 f. : il. color.

Digitado

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em  
Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade Estadual  
da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2012.

“Orientação: Prof. Dr. José Tavares de Sousa,  
Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental”.

1. Saneamento básico. 2. Tratamento de água. 3.  
Tratamento de esgoto. I. Título.

21. ed. CDD 628.351

VINÍCIUS TADEU DE SOUSA SILVA

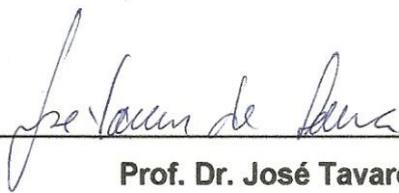
**TRATAMENTO UNIFAMILIAR DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DE ORIGEM  
DOMÉSTICA**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)  
apresentado a Coordenação do Curso de  
Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade  
Estadual da Paraíba como requisito parcial para a  
obtenção do título de Bacharel em Engenharia  
Sanitária e Ambiental.

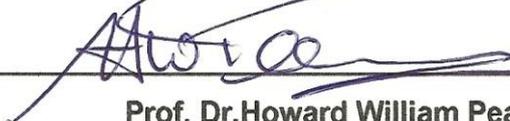
Aprovado em: 29/11/2012.

Nota: 9,0 (nove)

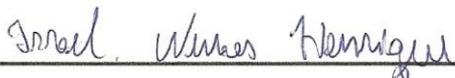
**Examinadores:**



**Prof. Dr. José Tavares de Sousa  
(Orientador – DESA/CCT/UEPB)**



**Prof. Dr. Howard William Pearson  
(Examinador – DESA/CCT/UEPB)**



**Dr. Israel Nunes Henrique  
(Examinador – Doutor em Recursos Naturais)**

Não existem pessoas de sucesso e pessoas fracassadas. O que existem são pessoas que lutam pelos seus sonhos ou desistem deles. Hoje realizo um sonho, e dedico essa vitória a Deus e aos meus familiares por tornar tudo isso possível. Em especial aos meus pais, Lindiovan Tadeu e Maria Rossana, que sempre me incentivaram para que eu prosseguisse na realização dos meus sonhos.

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus por tudo que proporciona na minha vida. Hoje, agora e sempre.

Ao professor José Tavares de Sousa, pela disposição em me orientar na elaboração deste trabalho, pela oportunidade de discorrer sobre o tema, pela consideração, confiança e cooperação durante todo o período de desenvolvimento do trabalho.

Aos Doutores Israel Nunes Henrique e Howard William Pearson, por aceitarem o convite para participar da comissão examinadora deste trabalho, pela atenção, sugestões e críticas propostas com o intuito de aprimorar o mesmo.

Ao grupo de pesquisa o qual fiz parte, na Estação Experimental de Tratamento de Esgotos Sanitários (EXTRABES) da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), em especial Thays Karolyne, Júlia Karla e Catarina Andrade, que tiveram ações diretas para realização e sucesso da pesquisa realizada.

Meus amigos e familiares, que sempre acreditaram que eu seria capaz de alcançar mais esta vitória em minha vida.

A minha namorada Fernanda Muniz, que enfrentou ao meu lado grandes dificuldades, me ajudando e aconselhando durante todo o período de formação.

Aos funcionários e professores do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual da Paraíba, principalmente àqueles que fazem parte do Departamento de Engenharia sanitária e Ambiental, pelo apoio, orientação, amizade, paciência e conhecimentos transmitidos durante minha trajetória universitária, que certamente contribuíram para o meu desenvolvimento intelectual e formação profissional.

Aos meus companheiros de turma, que trilharam essa longa caminhada sem ceder diante dos desafios.

A presença, o carinho e a cooperação de cada um que foram essenciais para esta conquista. Obrigada a todos!

“Quando no complexo teatro da mente humana há sonhos, os surdos podem ouvir melodias, os cegos podem ver cores, os abatidos podem encontrar força para continuar. Apreendi que a disciplina sem sonhos produz servos que fazem tudo automaticamente. E os sonhos sem disciplinas produzem pessoas frustradas que não transformam os seus sonhos em realidade”

Augusto Cury.

SILVA, Vinícius Tadeu de Sousa. Tratamento Unifamiliar de Águas Residuárias de Origem Doméstica. Campina Grande, UEPB, 2012, 50 p. (Monografia para Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental).

## RESUMO

Os sistemas anaeróbios vêm sendo utilizados no tratamento de águas residuárias domésticas, de maneira descentralizada, aplicando-se particularmente em áreas que não estão conectadas a redes de saneamento de grande porte. As tecnologias anaeróbias mostram-se tecnicamente adequadas na aplicação residencial com disposição no solo, sendo o tanque séptico seguido de sumidouro amplamente utilizado como solução simplificada de tratamento de esgotos domésticos. O presente trabalho investigou o desempenho de um sistema de tratamento composto por Tanque séptico (Decanto-Digestor), seguido de um sumidouro, estando em foco com o atendimento unifamiliar, tendo como eixo norteador direcionado para avaliar a remoção de nutrientes, organismos patogênicos e material carbonáceo. O processo de monitoramento teve duração média de 12 meses. Foram investigados os parâmetros como, Potencial hidrogeniônico (pH), Alcalinidade Total, Ácidos Graxos Voláteis (AGV), Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK), Nitrogênio Amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ), Fósforo total, Ortofosfato, DQO total e filtrada, sólidos totais (ST), sólidos totais voláteis, sólidos suspensos totais (STV), sólidos suspensos voláteis (SST), coliformes termotolerantes, Nitrato, Nitrito. O efluente produzido pelo sistema apresentou resultados satisfatórios, como eficiências médias de remoção de 77% para Demanda Química de Oxigênio Total e de 60% para Demanda Química de Oxigênio Filtrada, obtendo também uma eficiência de 86,34% de remoção nos SST (Sólidos Suspensos Totais) e 88,58% em SSV (Sólidos Suspensos Voláteis). No entanto, a concentração de coliformes termotolerantes manteve-se bem acima dos limites prescritos na resolução vigente. Dessa forma sendo possível concluir a eficiência do sistema analisado como modelo efetivo de implantação de uma unidade unifamiliar, sendo dessa maneira uma alternativa viável para o déficit de saneamento básico presente no Brasil.

**Palavras-chave:** Sistema unifamiliar, Decanto-Digestor, Sumidouro.

SILVA, Vinícius Tadeu de Sousa. Treatment single-family of domestic wastewater. Campina Grande, UEPB, 2012, 50 p. (Monograph for Undergraduate Sanitary and Environmental Engineering).

## **ABSTRACT**

Anaerobic systems have been established in the treatment of domestic wastewater in a decentralized manner, particularly in areas that are not connected large sanitation networks. Currently, anaerobic technologies seem technically appropriate to residential application in the ground, in which the septic tank followed by sinkhole is widely used as a simplified alternative for treatment of wastewater. This study investigated the performance of a treatment system consisting of a septic tank (decant-digester) followed by a sinkhole, with focus on single-family treatment, considering the nutrients removal, the pathogenic organisms and the carbonaceous material. The monitoring process had an average duration of 12 months. The parameters that were analyzed: hydrogenionic potential (pH), total alkalinity, volatile fatty acids (VFA), total Kjeldahl nitrogen (TKN), ammonia nitrogen, total phosphorus, orthophosphate, total and filtered COD, total solids (TS), total volatile solids (TVS), total suspended solids (TSS), volatile suspended solids (VSS), thermotolerant coliforms, nitrate and nitrite. The effluent produced by the system showed satisfactory results, as average removal efficiencies of 77% for Chemical Oxygen Demand and 60% for Filtered Chemical Oxygen Demand, as well as an efficiency of 86,34% for total suspended solids removal and 88,58% for volatile suspended solids removal. However, the concentration of themotolerant coliforms remained above the limits prescribed in current legislation. Thus, it is possible to conclude that the analyzed system is a viable alternative to improve the basic sanitation in Brazil.

**KEYWORDS:** Single-family treatment, Decant-digester, Sinkhole.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ilustração do funcionamento do tanque séptico	25
Figura 2: Fotos do sistema na área de implantação	29
Figura 3: Tanque séptico	30
Figura 4: Planta baixa do tanque séptico	31
Figura 5: Sumidouro experimental	31
Figura 6: Valores de pH durante o período experimental	35
Figura 7: Valores da alcalinidade durante o período experimental	36
Figura 8: Concentrações de Ácidos Graxos Voláteis	37
Figura 9: Concentrações de NTK	38
Figura 10: Concentrações de Nitrogênio Amoniacal	38
Figura 11: Concentrações de Nitrato e Nitrito	39
Figura 12: Concentrações de Fósforo Total	40
Figura 13: Concentrações de Ortofosfato	40
Figura 14: Concentrações de DQO total durante o período experimental	41
Figura 15: Concentrações de DQO filtrada durante o período experimenta	41
Figura 16: Concentrações de ST	42
Figura 17: Concentrações de STV	43
Figura 18: Concentrações de SST	43
Figura 19: Concentrações de SSV	43

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Distribuição Temporal	32
Tabela 2: Parâmetros analisados	33
Tabela 3: Resultados das Análises de Coliformes Termotolerantes	45

## LISTA DE SIGLAS

<b>ABNT</b>	Associação Brasileira de Normas Técnicas
<b>AGV</b>	Ácidos Graxos Voláteis
<b>CAGEPA</b>	Companhia de Água e Esgoto da Paraíba
<b>CONAMA</b>	Conselho Nacional do Meio Ambiente
<b>DBO</b>	Demanda Bioquímica de Oxigênio
<b>DQO</b>	Demanda Química de Oxigênio
<b>EXTRABES</b>	Estação Experimental de Tratamento Biológico de Esgotos Sanitários
<b>FUNASA</b>	Fundação Nacional de Saúde
<b>IBGE</b>	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
<b>NBR</b>	Normas Técnicas Brasileiras
<b>NTK</b>	Nitrogênio Total Kjeldahl
<b>Snis</b>	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
<b>SST</b>	Sólidos Suspensos Totais
<b>SSV</b>	Sólidos Suspensos Voláteis
<b>ST</b>	Sólidos Totais
<b>STV</b>	Sólidos Suspensos Totais
<b>UEPB</b>	Universidade Estadual da Paraíba
<b>USEPA</b>	United States Environmental Protection Agency

## SUMÁRIO

1.0	INTRODUÇÃO .....	13
2.0	OBJETIVOS .....	15
2.1	OBJETIVO GERAL .....	15
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	15
3.0	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	16
3.1	A PROBLEMÁTICA DO TRATAMENTO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS .....	16
3.2	TRATAMENTO DE ESGOTOS SANITÁRIOS .....	19
3.2.1	Tratamento preliminar .....	20
3.2.2	Tratamento Primário .....	20
3.2.3	Tratamento Secundário .....	20
3.2.4	Tratamento Terciário .....	21
3.3	HISTÓRICO DO TANQUE SÉPTICO (DECANTO-DIGESTOR) .....	22
3.4	DESCRIÇÃO DOS PROCESSOS QUE OCORREM NO TANQUE SÉPTICO .....	23
3.5	CONTROLE E MONITORAMENTO DOS TANQUES SÉPTICOS .....	25
3.6	PÓS-TRATAMENTO .....	27
4.0	METODOLOGIA .....	29
4.1	Caracterização da área de estudo .....	29
4.2	Sistema Experimental .....	30
4.3	Controle de vazão diária .....	32
4.4	Análises físico-químicas e microbiológicas .....	33
4.5	Análise Estatística .....	33
5.0	Resultados e Discussões .....	34
5.1	pH, Alcalinidade Total e Ácidos Graxos Voláteis (AGV) .....	34
5.2	Nutrientes .....	37
5.3	Demanda Química de Oxigênio (DQO) .....	41
5.4	Sólidos Totais e Sólidos Suspensos .....	42
5.5	Produção de lodo .....	44
5.6	Temperatura .....	44
5.7	Coliformes Termotolerantes .....	45
6.0	CONCLUSÃO .....	46
6.1	Recomendações as pesquisas futuras: .....	47
7.0	Referências Bibliográficas .....	48

## 1.0 INTRODUÇÃO

Uma das consequências do crescimento urbano desordenado é o acréscimo da poluição doméstica e industrial, criando condições ambientais inadequadas e propiciando o desenvolvimento de doenças, poluição do ar e sonora, contaminação de corpos aquáticos, em suma ocasionando danos de ordem social, econômica e ambiental, com essas dimensões interferindo entre si. Nos países em desenvolvimento, muitas vezes a taxa de crescimento populacional e crescimento urbano das cidades, não é acompanhada pelo saneamento básico de modo que os esgotos são lançados *in natura* nas galerias de águas pluviais ou no solo, contaminando os recursos hídricos de determinadas localidades. A má disposição de águas residuárias é um dos principais impactos negativos presente neste contexto, seu tratamento adequado, seja para a obtenção de efluentes que atendam aos padrões de lançamento do corpo receptor, seja para a sua utilização produtiva, representa solução para os problemas de poluição da água e de escassez de recursos hídricos, contribuindo para a proteção ambiental e para a geração de alimentos e de outros produtos (MOUSSAVI et al., 2010).

No Brasil, de acordo com dados do Censo Demográfico realizado pelo IBGE (2010), aproximadamente 94% dos domicílios possuem cobertura do serviço de água e 60% são atendidos por coleta de esgoto. Mesmo considerando o atual nível de investimentos, as projeções revelam que esta situação deverá persistir, o que faz com que a meta da universalização dos serviços continue sendo um sonho distante. Uma parcela considerável dos municípios brasileiros simplesmente não dispõe de redes coletoras de esgoto, essas redes quando presentes se concentram nas regiões densamente povoadas e nos bairros de nível socioeconômico mais elevado. É de fundamental importância destacar a relação direta entre o saneamento básico e a saúde pública, as doenças proliferadas pela ausência de água tratada e inexistência de redes coletoras e sistemas de tratamento de esgoto são inúmeros, principalmente em regiões de nível socioeconômico baixo. Segundo dados da FUNASA (2007), para cada R\$ 1,00 investido em saneamento básico, o setor público consegue economizar R\$ 4,00 em gastos com medicina preventiva e curativa. Dessa forma a população menos favorecida, acaba sendo obrigada a

adotar as alternativas possíveis para o destino dos esgotos produzidos (SOUSA e LEITE, 2002).

Considerando a atual situação econômica dos municípios brasileiros, a questão ambiental realmente exige novas alternativas de tratamento de esgotos com baixos custos, porém, com uma elevada eficiência de remoção e uma boa estabilidade. Assim, as estações de tratamento de esgoto descentralizadas, que possam ser realizadas com um menor investimento global e elevada eficiência, são uma solução viável em casos de recursos públicos limitados (HOFFMAN et al, 2004). No Brasil, os sistemas anaeróbios encontram uma grande aplicabilidade, tendo diversas características favoráveis, como o baixo custo, simplicidade operacional e baixa produção de sólidos, tais características aliadas às condições ambientais, onde há a predominância de elevadas temperaturas, têm contribuído para a colocação dos sistemas anaeróbios de tratamento de esgotos em posição de destaque (CHERNICHARO, 2001). Além disso, sistemas anaeróbios têm sido implantados no tratamento de águas residuárias domésticas, de maneira descentralizada, aplicando-se particularmente para aquelas áreas que não estão conectadas a redes de saneamento de grande porte (VAN LIER, 2002).

É notória a necessidade de sistemas de esgotamento sanitário tanto em áreas urbanas como em áreas rurais, porém o país deve dispor altos investimentos no setor de saneamento, o que ressalta a grande necessidade de estudar alternativas eficazes e de baixo custo para o tratamento de esgoto de comunidades de pequeno porte. Atualmente, as tecnologias anaeróbias mostram-se tecnicamente adequadas na aplicação residencial com disposição no solo, sendo o tanque séptico seguido de sumidouro amplamente utilizado como solução simplificada de tratamento de esgotos domésticos, tornando-se uma alternativa viável para o âmbito de nossa localidade.

## **2.0 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Estudar a utilização de tanques sépticos para o tratamento de águas residuárias domésticas com disposição do efluente final em sumidouro, de forma efetiva para atender um sistema unifamiliar.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Investigar a eficiência de remoção de coliformes termotolerantes no efluente final do sumidouro;
- Investigar parâmetros físico-químicos no sistema;
- Avaliar a eficiência do sistema adotado para o tratamento de águas residuárias com origem doméstica.
- Atender os padrões construtivos e ambientais, e os parâmetros de projeto para tanques sépticos estabelecidos nas normas: NBR 13969/97 e NBR 7229/93;

### 3.0 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 3.1 A PROBLEMÁTICA DO TRATAMENTO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS

A água é um bem vital para a sobrevivência da espécie humana e de todas as outras em nosso planeta, sendo também considerada como um recurso finito, escasso, e, que ainda, está enfrentando problemas de quantidade e de qualidade. Através dos tempos o homem concebeu, projetou, e construiu um complexo sistema de engenharia ambiental com o qual capta, condiciona, transporta, acumula e distribui este líquido precioso para suas comunidades (LEME, 1994).

De acordo com a pesquisa divulgada pelo Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (Snis), do Ministério das Cidades em 2009, o Brasil consumia cerca de 148,5 litros de água por habitante/dia. E numa perspectiva otimista cerca de 80% desse volume se transforma em águas servidas, o que ressalta a grande importância do seu tratamento. A contribuição diária de cada habitante, expressa como matéria orgânica biodegradável, é denominada de carga orgânica per capita. É evidente que essa contribuição varia em função do consumo de água, decorrente dos costumes alimentares dos consumidores. No Brasil, a carga orgânica média de DBO por habitante varia de 30 a 54 g.hab<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup> (SOUSA; LEITE, 2003).

O termo esgoto é usado para definir as águas servidas de atividades humanas e que por isso tem suas características naturais alteradas, o uso desse recurso natural em determinadas atividades ocorre de diferentes maneiras e as características do esgoto gerado podem também ser distintas, dessa forma podemos separar os esgotos em duas categorias principais, esgotos sanitários e industriais. Os esgotos industriais provem de atividades de fins industriais da água, tendo assim uma grande diversidade, adquirindo características próprias em função do processo industrial utilizado. Os esgotos sanitários são oriundos principalmente do uso doméstico da água, como por exemplo: água de banho e lavagem, urina, fezes, restos de comida, e processos de limpeza. (JORDÃO; PESSÔA, 2009).

Segundo Garcez (1988), o tratamento de esgoto sanitário se faz necessário por três razões básicas: de ordem higiênica, econômica e estética. Referente à ordem higiênica, a necessidade de tratamento se torna básica pela descontaminação da água que servirá no abastecimento futuro; de ordem econômica o tratamento é importante pelo fato das valorizações das terras que

estão à jusante do despejo final do esgoto, e por fim esteticamente para evitar maus cheiros e presença de materiais suspensos.

Os esgotos domésticos devem ser coletados e conduzidos devidamente para sistemas de tratamentos. Sistemas estes que podem ser caracterizados em dois tipos: sistema individual e sistema coletivo. O sistema individual compreende os esgotos domésticos gerados em uma unidade habitacional, isto é, atendimento unifamiliar. O sistema coletivo recebe o lançamento dos esgotos da comunidade, transportando até a estação de tratamento de forma adequada. Neste contexto, existem duas abordagens básicas para o tratamento de águas residuárias: centralizadas ou descentralizadas. Os sistemas de tratamento centralizado são complexos e caros, em termos de construção, operação e manutenção, ao passo que sistemas descentralizados são mais simples e apresentam menores custos, principalmente por se localizarem próximo ao ponto de geração das águas residuárias (MOUSSAVI et al., 2010).

Para escolha, planejamento e gerenciamento de um sistema adequado para tratamento de águas residuárias é de fundamental importância destacar as viabilidades econômica, social e ambiental. O tratamento descentralizado de águas residuárias visa o desenvolvimento de um sistema financeiramente mais acessível, socialmente mais responsável e ambientalmente melhor do que os sistemas centralizados convencionais, resultando em instalações de pequena escala e de baixo custo (NHAPI, 2004).

A USEPA realizou estudos de gestão centralizada e descentralizada em comunidades rurais, onde de acordo com Jordão e Pessôa (2009), localidades de meio rurais e áreas mais isoladas, em algumas situações encontram-se sem a presença de uma rede coletora e um sistema de tratamento de esgotos assim como a inexistência de uma rede de distribuição de água, obrigando a população dessa região a buscar o recurso em poços artesianos e rios, o que ressalta a necessidade de se tratar os esgotos domésticos a fim de evitar a contaminação da água utilizada pela população. O estudo revelou que os sistemas descentralizados são geralmente mais eficazes em zonas rurais do que os sistemas centralizados. Podendo assim destacar as principais diferenças em determinados tratamentos, os sistemas centralizados coletam e tratam grandes quantidades de águas residuárias de extensas comunidades, fazendo uso de tubulações de grandes dimensões, eliminando o efluente longe do ponto de geração e, portanto, exigindo menos

participação e conscientização pública, requerendo no seu tratamento mais o uso de energia e materiais, aumentando assim o seu custo. Os sistemas descentralizados tratam as águas residuárias de casas e prédios individualmente, realizando o tratamento e o descarte próximo ao ponto de geração, permitindo assim, uma maior flexibilidade na gestão, podendo atender aos requisitos de proteção do ambiente e saúde pública (MASSOUD et al., 2009).

Para comunidades de baixa densidade populacional são indicados os sistemas descentralizados, no entanto a eficácia do sistema depende de um programa de gestão intenso, de forma que garanta a inspeção regular e a manutenção adequada. A gestão do tratamento oferece muitos benefícios, que podem ser alcançados através da incorporação de tecnologias avançadas e inovadoras dos sistemas de tratamento biológico que, muitas vezes, não são rentáveis para os sistemas centralizados, sendo assim, os sistemas descentralizados são indispensáveis para universalizar o saneamento, visto que em determinadas áreas é evidente a inadequação de tecnologia centralizada (AL-JAMAL e MAHMOUD, 2009).

O baixo índice de cobertura por redes coletoras de esgotos, não constitui, por si só, um agravante para as condições sanitárias, pois países desenvolvidos com grandes contingentes populacionais são atendidos por sistemas individuais de tratamento e disposição dos esgotos, tendo em destaque os tanques sépticos seguidos de sistemas com aplicação no solo. Nos Estados Unidos avalia-se que cerca de 30% de toda a população serve-se de tanques sépticos e 85% das novas habitações construídas fora das áreas servidas por redes de esgotos são equipadas com esses tanques. Dessa forma fica evidenciado que a ausência total ou parcial de uma rede coletora e de um sistema de tratamento de esgotos, nas áreas urbanas, suburbanas ou rurais recomenda-se a implantação de sistemas de tratamento individual ou que agrupe certo número de unidades residenciais, pois a desinfecção dos esgotos domésticos é fundamental para evitar a contaminação do solo e da água evitando a proliferação de doenças e a poluição dos corpos d'água que recebem o esgoto (JORDÃO; PESSÔA, 2009). No Brasil, as condições operacionais são usualmente deficientes, devido á falta de análise dos projetos e de acompanhamento da execução e da operação dos sistemas, a maioria dos projetos apresenta problemas de funcionamento e não cumpre a sua finalidade de tratamento e disposição correta dos esgotos (CHERNICHARO, 2007).

É evidente que atualmente as redes coletoras de esgotos implantadas no território brasileiro são completamente insuficientes para atender a população. Diante desse fato, fica explícita a necessidade de alternativas que venham a atender a nossa realidade, e sistemas de tratamento individuais apresentam-se como uma grande alternativa com estudos bem referenciados, mas que necessita de um maior grau de aprimoramento. A utilização incorreta desses sistemas, como as fossas negras, é extremamente perigosa ao meio ambiente, visto que o lançamento dos efluentes de esgotos domésticos sem um tratamento prévio e não respeitando as disposições da norma pode contaminar os solos, lençóis freáticos e corpos d'água receptores. Os sistemas anaeróbios têm sido implantados no tratamento de águas residuárias domésticas, de maneira descentralizada, aplicando-se particularmente para aquelas áreas que não estão conectadas a redes de saneamento de grande porte (VAN LIER, 2002). Dentre os sistemas anaeróbios utilizados no tratamento de águas residuárias, os tanques sépticos (Decanto-digestores) são bastante utilizados em sistemas unifamiliares como forma de tratamento primário, permitindo desta forma uma posterior infiltração do efluente no terreno, através de sumidouros ou ainda, raramente, através de valas de infiltração (ALEM SOBRINHO e JORDÃO, 2001).

### 3.2 TRATAMENTO DE ESGOTOS SANITÁRIOS

De forma geral o esgoto é composto por 99,9 % de água, 0,1% de sólidos e uma diversidade de organismos vivos, tais como bactérias, vírus, vermes e protozoários. Tendo assim uma complexidade para seu tratamento referente às suas características, não contrariando há necessidade de ser tratado, pois essa devida função proporciona a não eutrofização das águas superficiais e conservar o meio ambiente, garantido melhor qualidade de vida para população. O tratamento de esgotos é uma necessidade coletiva integrada ao exercício dos direitos e deveres da cidadania sendo um direito do cidadão e um dever do estado. O Sistema de tratamento de águas residuárias trata-se de um conjunto de processos unitários que funcionam de forma organizada, objetivando remover poluentes tendo como métodos utilizados de características: físicas, químicas e biológicas, devendo atender atualmente aos padrões de saúde e qualidade ambiental definidos na Resolução CONAMA nº 357/2005 (SOUSA; LEITE, 2003).

De forma sucinta e bem usual Azevedo Netto (1991) descreve as diversas maneiras existentes dos processos de tratamento de esgotos, subdividindo elas através do seu grau de complexidade, processos os quais são:

- Preliminar
- Primário
- Secundário
- Terciário

### 3.2.1 Tratamento preliminar

Nesta fase o esgoto é devidamente preparado para as etapas subsequentes ao tratamento, são realizados os seguintes processos: separação dos sólidos grosseiros pela unidade de gradeamento, e retenção de areia e gorduras pelas unidades de caixa de areia e caixa de gordura. Podendo estar presente também uma unidade de medição de vazão, usualmente uma Calha Parshall onde as dimensões são padronizadas.

### 3.2.2 Tratamento Primário

Os esgotos que passam pelo tratamento preliminar estão com aspecto parcialmente melhores, mas ainda possuem praticamente inalteradas as suas características poluidoras. O tratamento primário é onde ocorre a separação do material poluente da água pelo processo físico de sedimentação. Este fenômeno pode, em alguns casos, ser ajudado pela adição de agentes químicos que através de uma coagulação/floculação possibilitam a obtenção de flocos de material poluente de maiores dimensões e assim mais facilmente decantáveis.

### 3.2.3 Tratamento Secundário

Nesta fase do tratamento o processo biológico predomina, e a matéria orgânica presente é consumida por reações bioquímicas realizadas por microrganismos em reatores biológicos. Os microrganismos sofrem posteriormente em alguns casos um processo de sedimentação nos designados decantadores secundários. O efluente de saída deste tratamento contém ainda uma grande quantidade de

microorganismos e reduzida matéria orgânica remanescente, sendo aconselhável para determinadas situações o complemento do tratamento terciário.

### 3.2.4 Tratamento Terciário

Como já indicado o efluente final que sai do tratamento secundário deve em determinados casos passar por um processo de desinfecção para remoção dos organismos patogênicos e em casos especiais também à remoção de alguns nutrientes como o nitrogênio e fósforo que são potencialmente impactantes para os corpos receptores sendo a causa direta do fenômeno da eutrofização.

Segundo Jordão e Pessoa (2009), os processos de tratamento de águas servidas podem ser classificados em:

- Processo Físico
- Processo químico
- Processo biológico

Os processos físicos caracterizam-se pela remoção dos constituintes fisicamente possíveis, ou seja, aplicam-se fenômenos de natureza física. As principais funções desse processo são a remoção de sólidos grosseiros, sedimentáveis e flutuantes, a remoção da umidade do lodo, incineração do lodo e filtração, homogeneização e diluição dos esgotos (SOUSA; LEITE, 2003).

Processos químicos ocorrem através da aplicação de produtos químicos ou de reações e interações químicas. São usados geralmente para auxiliar na floculação, na precipitação química, oxidação química, eletrodialise, cloração e neutralização ou correção do pH (JORDÃO; PESSÔA, 2009). Inúmeras discussões giram em torno da utilização de tais produtos, pois, o tratamento com adição de produtos químicos apresenta uma produção significativa de lodo, e sua aplicabilidade nas águas em alguns casos pode ocasionar passivos ambientais (SOUSA; LEITE, 2003).

Segundo Garcez (1988), o processo biológico de tratamento de esgoto está vinculado aos microrganismos que quebram as moléculas complexas das matérias orgânicas do esgoto, transformando-as em substâncias mais simples. Os resíduos gerados nessa transformação são a base alimentar de microrganismos responsáveis pela degradação. Para Branco (1986), O tratamento de águas residuárias por processo biológico resulta na transformação dos constituintes da

água em moléculas mais simples e estáveis. Pode-se destacar que não necessariamente esses processos ocorrem separadamente, como no sistema objeto de estudo desse trabalho, os tanques sépticos, onde, por exemplo, iremos presenciar o processo físico de decantação e ao mesmo tempo, o processo biológico de digestão do material sedimentado.

### 3.3 HISTÓRICO DO TANQUE SÉPTICO (DECANTO-DIGESTOR)

Conforme estudos o primeiro decanto-digestor construído foi concebido em 1872, na França, por Jean Louis Mouras. O invento de Mouras consistia em um tanque hermético no qual os esgotos entravam e saiam através de tubulações submersas na massa líquida ambas na parte superior, no intuito de reter a matéria sólida contida nos esgotos. De acordo com Azevedo Netto(1985), Mouras patenteou seu invento em 1881, com o nome de Eliminador Automático de Excrementos. Decanto-digestores são, basicamente, tanques simples ou divididos em compartimento horizontais (câmaras em série) ou verticais (câmaras sobrepostas), tendo como objetivo reter sólidos orgânicos pelo processo de decantação, tal processo é desenvolvido no interior de determinado tanque, acumulando temporariamente os resíduos, até que sejam removidos em períodos de meses ou anos. Popularmente, os modelos mais usuais são conhecidos como tanques sépticos. (Campos, 1999).

A denominação de Tanque Séptico é oriunda de 1896 onde o Engenheiro Donald Cameron, na Grã-Bretanha, patenteou determinado decanto-digestor, provavelmente inspirado na palavra *sepsis*, que significa decomposição. O inglês W.O. Travis em 1903 concebeu e construiu o Tanque Hidrolítico- um tanque com subdivisão interna, com duas, câmaras, para que de 1/7 a 1/5 da vazão afluente fosse introduzida na câmara inferior, na qual se processaria a digestão. Karilmhoff em 1905 idealizou o Tanque Imhoff, que é, na verdade, um decanto-digestor com câmaras sobrepostas. Com o desenvolvimento dessas tecnologias os decanto-digestores vêm sendo utilizados em vários modelos, sendo aperfeiçoados e disseminados em vários países (Campos, 1999). Podendo apresentar três diferentes tipos: câmara única, câmaras em série e câmaras sobrepostas, tendo formas cilíndricas ou prismáticas retangulares (CHERNICHARO, 2007).

Através do trabalho pioneiro de Young & McCarty no final da década de 60, o processo anaeróbio ampliou sua perspectiva de aplicação, abrindo assim a possibilidade do tratamento direto de águas residuárias, o tratamento de matéria orgânica solúvel utilizava filtros anaeróbios ascendentes. Anteriormente a este tratamento as tecnologias usadas, basicamente utilizavam material mais particulado e concentrado. Depois de 1963, no Brasil, a utilização de decanto-digestores tem sido orientada por normas da ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas(NBR 41-63, NBR 7229-82, NBR 13969) ( CHERNICHARO, 2007). Em 1989, iniciou-se uma revisão na NBR 7229-82, a qual estabelece que a remoção de DBO em tanques sépticos pode variar entre 30 e 50% ou mais para sólidos sedimentáveis. Em 1997 foi descrita a NBR 13969- Tanques sépticos- Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação, sendo esta norma uma alternativa para adequar a disposição dos efluentes dos tanques sépticos.

A grande disseminação da utilização de tanques sépticos deve-se, principalmente, à construção e operação muito simples desse tratamento, e também pelo fato de serem resistentes as variações do afluente, não necessitando de alto grau de pré-tratamento. Dessa forma não é requerido técnicas construtivas especiais para sua implantação, e num âmbito geral a operação não exige a presença de um operário especializado (ANDRADE NETO, 1997).

### 3.4 DESCRIÇÃO DOS PROCESSOS QUE OCORREM NO TANQUE SÉPTICO

O foco do sistema de tratamento abordado no trabalho são os tanques sépticos que são unidades que tratam o esgoto por processos de sedimentação, flotação e digestão. Sendo hermeticamente fechadas, produzem um efluente que deverá ser destinado. Na superfície do tanque, fica acumulada a espuma, formada a partir de sólidos flotáveis, como óleos e graxas, enquanto o lodo sedimenta no fundo do reator, compreendendo de 20 a 50% do volume total do tanque quando esgotado. Um tanque séptico usualmente retém de 60 a 70% dos sólidos, óleos e graxas que passam pelo sistema (USEPA, 1999). De uma forma técnica o tanque séptico é definido na NBR 7229 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1993), como “unidade cilíndrica ou prismática retangular de fluxo horizontal para tratamento de esgotos por processos de sedimentação, flotação e digestão”.

O material orgânico presente no efluente sofre no interior do tanque um processo de degradação biológica de forma natural, chamado de digestão anaeróbia. A digestão anaeróbia pode ser definida como processo fermentativo de cunho biológico no qual uma associação de diferentes tipos de microrganismos, na ausência de oxigênio molecular, promove a transformação de compostos orgânicos complexos (carboidratos, proteínas e lipídios) em produtos mais simples como metano e gás carbônico. Sendo um processo bioquímico complexo, composto por várias reações sequências, cada uma com sua população bacteriana específica. Podendo-se distinguir quatro etapas diferentes no processo global da conversão: Hidrólise, Acidogênese, Acetogênese, Metanogênese (Campos et al, 1999).

De forma sucinta, segundo Jordão e Pessoa (2009), as fases de desenvolvimento do processo de funcionamento dos tanques sépticos, podem ser divididas nas seguintes etapas:

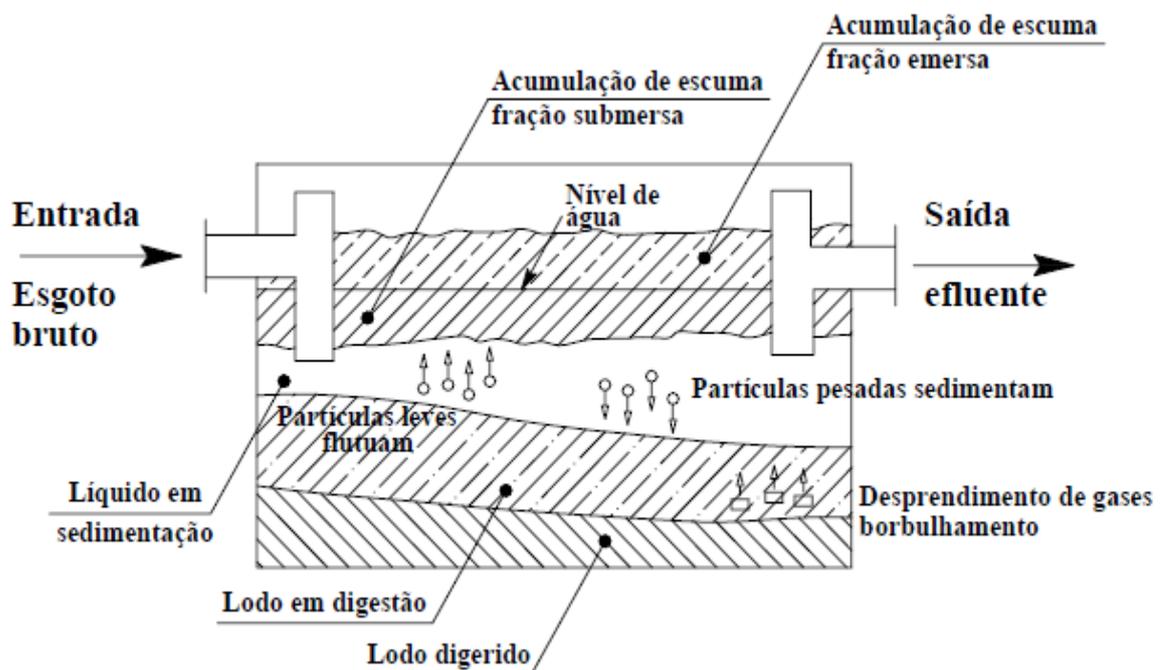
- Retenção do esgoto;
- Decantação do esgoto;
- Digestão anaeróbia do lodo;
- Redução de volume do lodo;

Já de forma mais abrangente Chernicharo (2007), afirma que o funcionamento dos tanques sépticos pode ser descritos nas seguintes etapas:

- Após a introdução do afluente no reator, os sólidos sedimentáveis presentes no esgoto vão ao fundo do tanque, passando a constituir uma camada de lodo;
- O material flutuáveis como óleos, graxas e outros materiais mais leves presentes no esgoto afluente, flutuam até a superfície do tanque, vindos a formar uma camada de espuma;
- Na etapa seguinte o esgoto, com níveis mais baixos dos materiais sedimentáveis e flutuantes, escorre entre as camadas de lodo e de espuma, deixando o tanque séptico em sua extremidade oposta.
- Na sequência do tratamento ocorre à degradação biológica, onde o material orgânico retido no fundo do tanque sofre uma decomposição facultativa e anaeróbia, sendo convertido em compostos mais estáveis como dióxido de carbono, metano, ácido sulfídrico.

-A digestão anaeróbia proporciona uma redução contínua do volume de lodo depositado no fundo do tanque, mas há sempre uma acumulação de lodo e espuma ao longo dos meses de operação, o que pode devido a uma manutenção inadequada levar a uma redução do volume útil do reator, demandando a remoção periódica desses materiais.

Figura1 : Ilustração do funcionamento do tanque séptico.



Fonte: ABNT, NBR 7229/1993.

### 3.5 CONTROLE E MONITORAMENTO DOS TANQUES SÉPTICOS

Os sistemas anaeróbios apresentam uma simplicidade operacional comprovada, mas a presença de pessoal que garanta uma adequada operação e manutenção é uma condição essencial, para assegurar o funcionamento apropriado.

As três atividades de controle dos sistemas são (Chernicharo, et. al., 1999):

- Operação: Atividades realizadas cotidianamente ou periodicamente, necessárias para assegurar um bom e estável desempenho do sistema de tratamento;
- Manutenção: Refere-se às atividades para manter as estruturas da planta de tratamento em boas condições;

-Informação: Refere-se à comunicação, entre as diferentes pessoas envolvidas, criando ao mesmo tempo um arquivo da operação e manutenção do sistema de tratamento.

Para os dispositivos de entrada e saída dos tanques sépticos, podem ser destacadas as seguintes finalidades principais para o controle e monitoramento (Campos, 1999):

Dispositivos de entrada:

- Evitar perturbações hidráulicas no interior do tanque, perturbações estas ocasionadas à queda de materiais sólidos na massa líquida ou à intermitência de vazão afluyente;
- Encaminhar o fluxo dos esgotos para o fundo do tanque, possibilitando uma melhor sedimentação dos sólidos e diminuindo a ocorrência de zonas mortas e curto-circuitos:
- Evitar que os novos dejetos afluentes ao tanque se misturem diretamente com o líquido já tratado;
- Evitar o retorno de espuma à entrada do tanque.

Dispositivos de saída:

- Conter o lodo e os sólidos flutuantes no interior do tanque, garantindo um efluente com menores teores de sólidos suspensos. Em determinados sistemas são utilizados defletores de gases e sólidos flutuantes, possibilitando uma maior eficiência na retenção de sólidos no reator.
- Também para os dispositivos de saída monitorar as condições de escoamento no interior do tanque, de forma a prevenir a ocorrência de zonas mortas e curto-circuitos.
- Monitorar a produção de gases responsáveis por maus odores. Observa-se que, embora o ácido sulfídrico seja produzido nos tanques sépticos, problemas de odor não são usualmente observados, uma vez que este combina com metais acumulados no lodo, vindo a formar sulfetos metálicos insolúveis. Teve-se evitar a ocorrência de quedas livres e de turbilhonamento excessivo, pois favorecem a liberação de gases dissolvidos no líquido. Como o objeto de estudo do trabalho trata-se de um sistema unifamiliar, tendo uma produção de gases pequena e impactos negativos decorrentes menores, talvez seja possível conter excepcionais problemas de odores com uma simples exaustão dos gases, por meio de tubos de ventilação, atingindo pelo menos 3 m acima do reator (CHERNICHARO, 2007).

### 3.6 PÓS-TRATAMENTO

Os tratamentos anaeróbios de esgoto, apesar das diversas vantagens, ainda apresentam dificuldades para gerar efluentes de acordo com os padrões da legislação ambiental. Pesquisas acerca de pós-tratamentos de efluentes de sistemas anaeróbios estão cada vez mais frequentes e vários avanços já foram realizados (BITTON, 2005). Os efluentes de tanques sépticos na sua maioria apresentam altos níveis de organismos patogênicos e matéria orgânica dissolvida, e para tanto se faz necessário um sistema complementar para esse efluente (BORGES, 2009). De acordo com Batalha (1989) a escolha de uma alternativa de um pós-tratamento adequado depende de critérios que variam desde a aceitação cultural até testes experimentais empíricos.

De acordo com Jordão e Pessôa (2009), o tipo de tratamento dado ao efluente do tanque séptico depende das características da localidade onde o reator foi implantado, destacando a natureza e utilização do solo e a altura do lençol freático. Tendo como principais alternativas:

- Diluição em corpos d'água receptores;
- Sumidouro;
- Vala de infiltração;
- Vala de filtração;
- Filtro de areia;
- Filtro biológico anaeróbio.

De maneira prática as unidades de pós-tratamento podem ser usadas para a remoção de parcela da fração remanescente de material orgânico, permitindo a produção de um efluente final com qualidade compatível com as necessidades que se impõem pelos padrões legais de emissão. Dessa forma, o trabalho apresenta uma unidade de pós-tratamento concebida por um sumidouro, onde tem a finalidade de complementar a remoção de matéria orgânica, bem como de proporcionar uma redução nos níveis de constituintes pouco afetados no tratamento anaeróbio, como

os nutrientes (N e P) e os organismos patogênicos (vírus, bactérias, protozoários, helmintos).

Os sumidouros, são conhecidos como poços absorventes, recebe o efluente das etapas anteriores de tratamento e tem a função de possibilitar uma infiltração lenta deste efluente no solo. O processo é parecido com o que ocorre nas valas de infiltração, tendo como principal diferença o fato do sumidouro operar com uma profundidade maior e uma área superficial menor em relação às valas. Pode-se defini-lo como uma unidade de depuração e disposição final de efluentes de determinado sistema, verticalizado em relação à vala de infiltração (CHERNICHARO, 2007).

Segundo Jordão e Pessôa (2009), o sumidouro consiste em uma escavação, cilíndrica ou prismática, na qual as paredes são revestidas por tijolos, pedras ou materiais aplicados em uma disposição tal que permita a infiltração do líquido para o solo. O lançamento do efluente no solo acarretará um escoamento (vertical e horizontal) das matérias poluidoras, cuja distância e direção variarão principalmente com a porosidade do solo, fluxo subterrâneo e a localização do lençol freático.

De acordo com NBR 13969, o uso de sumidouros é permitido somente em localidades onde o lençol freático tenha uma profundidade considerável, respeitando sempre a distância mínima de 1,50 metros entre o fundo do sumidouro e o nível aquífero máximo. Os sumidouros não necessitam de manutenção periódica, apenas de uma vistoria semestral com a função de garantir que o solo está mantendo as características de permeabilidade, e se ainda essas condições não forem mantidas, novas unidades deverão ser construídas (JORDÃO; PESSÔA, 2009).

Estudos demonstram os aspectos positivos do lançamento de efluentes tratados no solo, onde tais possuem grande potencial como alternativa ao lançamento em corpos d'água, e ainda viriam a contribuir na agricultura como adubos orgânicos. Entretanto deve-se destacar o controle rigoroso dos parâmetros qualitativos do efluente, principalmente, no que se diz respeito a microorganismos patogênicos e compostos tóxicos. (BARBOSA, 2009).

## 4.0 METODOLOGIA

### 4.1 Caracterização da área de estudo

A pesquisa em estudo foi conduzida nas dependências físicas da Estação Experimental de Tratamento Biológico de Esgotos Sanitários (EXTRABES) da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), localizada no bairro do Tambor, com as seguintes coordenadas geográficas: 7°13'11"Sul, 35°52'31" Oeste e aproximadamente, 550m acima do nível do mar.

Figura 2: Fotos do sistema na área de implantação.

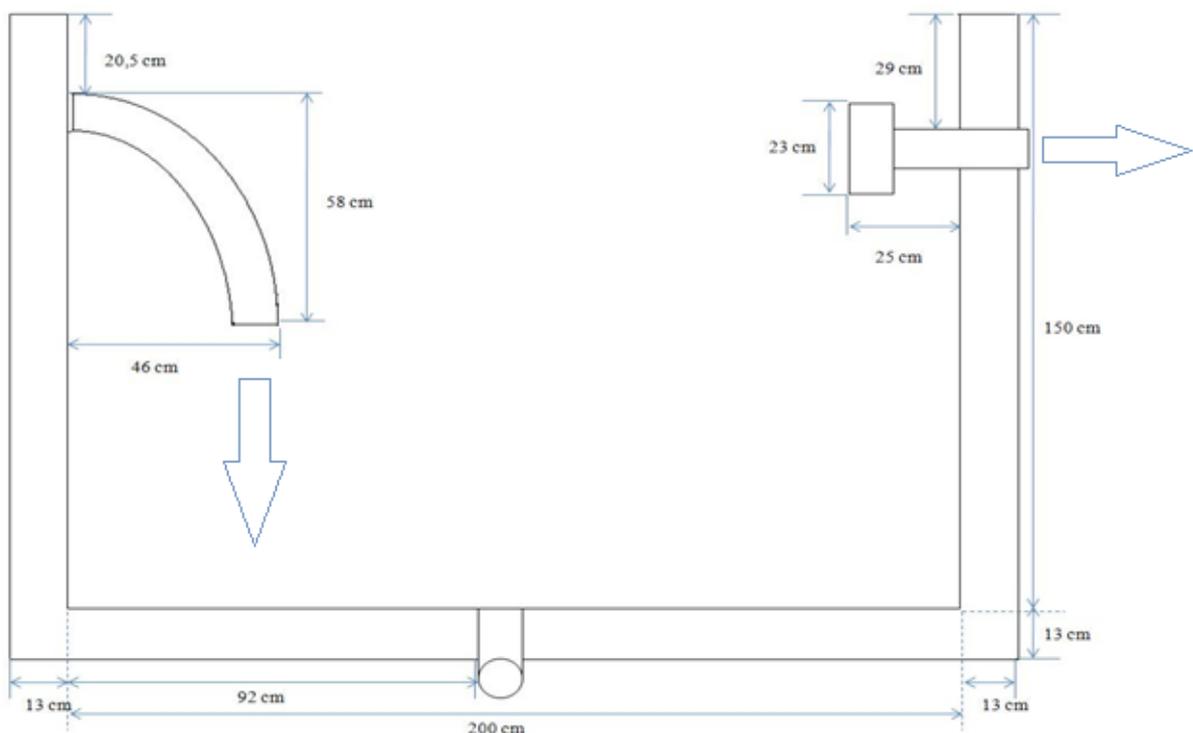


## 4.2 Sistema Experimental

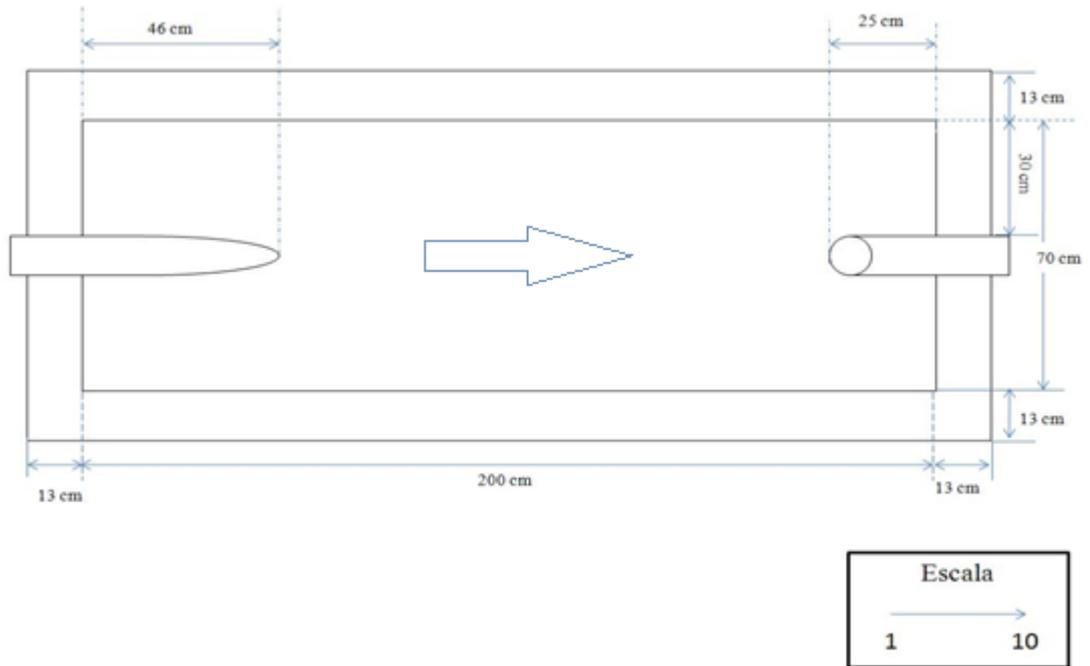
O esgoto a ser tratado era proveniente da rede coletora de esgotos da Companhia de Água e Esgoto da Paraíba - CAGEPA. Um emissário que transporta os esgotos domésticos de Campina Grande, passa pela área experimental da EXTRABES, sendo então bombeado através de um conjunto motor-bomba do poço de visita para um tanque de equalização. Deste tanque, por gravidade, o esgoto é encaminhado para um tanque de armazenamento com capacidade de  $1\text{m}^3$  e através de uma bomba centrífuga alimentará o sistema.

O dimensionamento do sistema respeitou as condições das normas vigentes de construção NBR 7229 e 13969. A unidade de tratamento é constituída por um tanque séptico de câmara única com forma prismática retangular e um sumidouro, ambos de alvenaria. O tanque séptico, conforme Figuras 3 e 4, obtinha as seguintes dimensões: 200 cm de comprimento, 70 cm de largura e 150 cm de altura, com capacidade volumétrica útil de  $2,1\text{m}^3$ , sendo operado com vazão diária de 500 L/dia. O sumidouro experimental apresentava as seguintes dimensões (Figuras 5): 100 cm de comprimento, 24 cm de largura e 100 cm de altura e um volume útil de 240L.

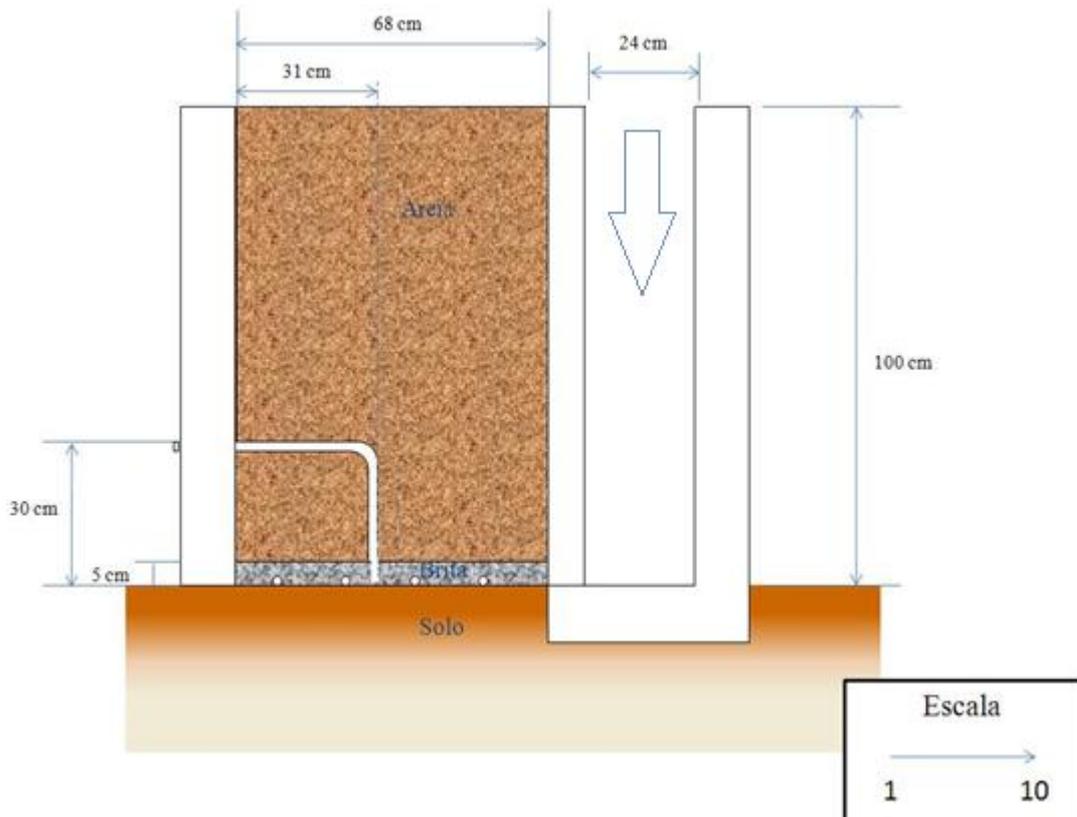
**Figura 3:** Tanque séptico



**Figura 4:** Planta baixa do tanque séptico.



**Figura 5:** Sumidouro experimental.



### 4.3 Controle de vazão diária

A alimentação do sistema experimental era realizada de maneira intermitente, sendo controlada por temporizadores digitais instalados a jusante das bombas, para distribuição do volume aplicado nos sistemas em 24 horas. A tabela 1 apresenta o controle da vazão diário.

Tabela 1: Distribuição Temporal.

<b>Controle da alimentação</b>	
<b>Horário</b>	<b>Vazão</b>
04:00	70L
06:00	70L
8:00	35L
10:00	35L
12:00	70L
16:00	70L
18:00	105L
20:00	35L
<b>Total</b>	<b>490L</b>

#### 4.4 Análises físico-químicas e microbiológicas

As análises físico-químicas e microbiológicas foram realizadas nas dependências físicas da EXTRABES. A Tabela 2 apresenta as análises físico-químicas e microbiológicas que são realizadas nos afluentes e efluentes dos sistemas, com suas respectivas frequências, métodos e referências bibliográficas adotadas.

**Tabela 2:** Parâmetros analisados.

<b>Análises</b>	<b>Frequência</b>	<b>Método</b>	<b>Referência</b>
pH	3vezes/semana	Potenciométrico	APHA (1998)
Alcalinidade	2vezes/semana	Método KAPP	BUCHAUER et al., (1998)
DQO (mgO <sub>2</sub> /L)	2vezes/semana	Titulométrico	APHA (1998)
N-NTK (mg/L)	Semanal	Micro Kjeldhal	APHA (1998)
N-NH <sub>3</sub> (mg/L)	Semanal	Micro Kjeldhal	APHA (1998)
NO <sub>2</sub> (mg/L)	Semanal	Colorimétrico	APHA (1998)
NO <sub>3</sub> (mg/L)	Semanal	Salicilato de Sódio	RODIER J. et al., (1975)
P-PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	Quinzenal	Espectrofotométrico	APHA (1998)
P (mg/L)	Quinzenal	Espectrofotométrico	APHA (1998)
ST e frações (mg/L)	2vezes/semana	Gravimétrico	APHA (1998)
Coliformes Termotolerantes	2vezes/semana	Membrana filtrante	APHA (1998)

#### 4.5 Análise Estatística

A estatística descritiva foi aplicada de forma a proporcionar medidas de tendência central (média aritmética), proporcionando melhor observação dos resultados das análises referente aos meses do período de estudo.

## 5.0 Resultados e Discussões

O período experimental foi dividido em duas fases. A primeira fase correspondeu ao período de agosto a dezembro de 2011, e faz referência ao ponto de partida e funcionamento do Tanque Séptico. A segunda fase correspondente aos trabalhos continuados, em que foi dada a partida do sumidouro, a fim de dispor o efluente anaeróbio no solo, esta etapa ficou compreendida entre o período de janeiro a julho de 2012. Os resultados serão apresentados na forma de médias mensais, sendo apresentadas as duas fases distintamente, dos parâmetros: Potencial hidrogeniônico (pH), Alcalinidade Total, Ácidos Graxos Voláteis (AGV), Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK), Nitrogênio Amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ), Fósforo total, Ortofosfato, DQO total e solúvel, sólidos totais (ST), sólidos totais voláteis, sólidos suspensos totais (STV), sólidos suspensos voláteis (SST), coliformes termotolerantes, Nitrato, Nitrito, temperatura.

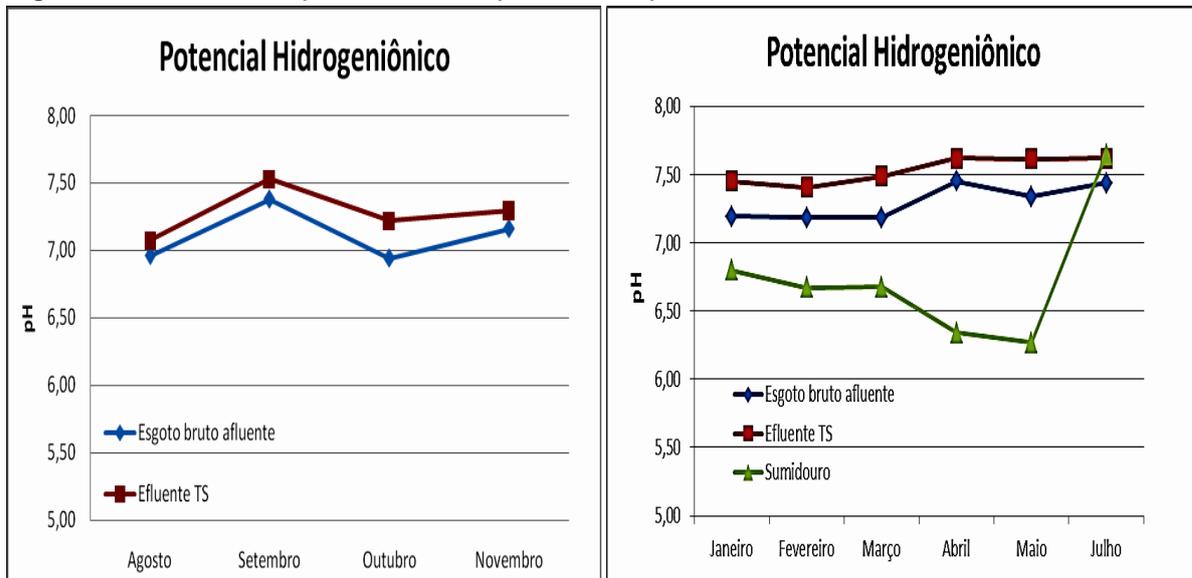
Para discutir os resultados foi utilizada a resolução CONAMA n° 430/2011, que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes que complementa e altera a Resolução do CONAMA n° 357/2005, dessa forma sendo a resolução vigente para condições e padrões para efluentes de sistemas de tratamento de esgotos sanitários, em corpos d'água receptores. Devemos também incorporar exigência específicas presentes na resolução CONAMA n° 357/2005.

### 5.1 pH, Alcalinidade Total e Ácidos Graxos Voláteis (AGV)

O Potencial Hidrogeniônico deve ser mantido em faixas adequadas ao desenvolvimento das reações químicas ou bioquímicas do processo de tratamento anaeróbio de águas residuárias. Para o desenvolvimento de bactérias acidogênicas o pH ótimo fica entre 5,0 e 6,0, e para as metanogênicas fica em torno de 7,0. Os reatores anaeróbios são operados normalmente com pH próximo de 7,0 estimulando assim a formação de metano. Mesmo o pH ótimo das bactérias acidogênicas sendo entre 5,0 e 6,0, num ambiente neutro (pH = 7,0) estes organismos apresentam taxas de crescimento favoráveis. Se a faixa de pH estiver com valor menor de 6,3 ou superior a 7,8 a concentração de bactérias metanogênicas diminui rapidamente (VAN HAANDEL e LETTINGA, 1994).

Como se pode observar na figura 6, os resultados do Tanque Séptico induz seu funcionamento aproximadamente entre a faixa de pH de 7,0 a 7,5, favorecendo um possível crescimento considerável de bactérias metanogênicas, estimulando assim a formação de metano. Referente à disposição final do efluente podemos ressaltar o funcionamento eficiente do reator conforme este parâmetro, apresentando valores entre a faixa de 7,0 a 7,6 para o efluente do Tanque Séptico durante todo o período de estudo, e valores entre 6,3 a 7,6 para o efluente do sumidouro. O que representa conformidade do efluente final do tratamento referente à norma vigente que estabelece uma faixa de pH entre 5 e 9.

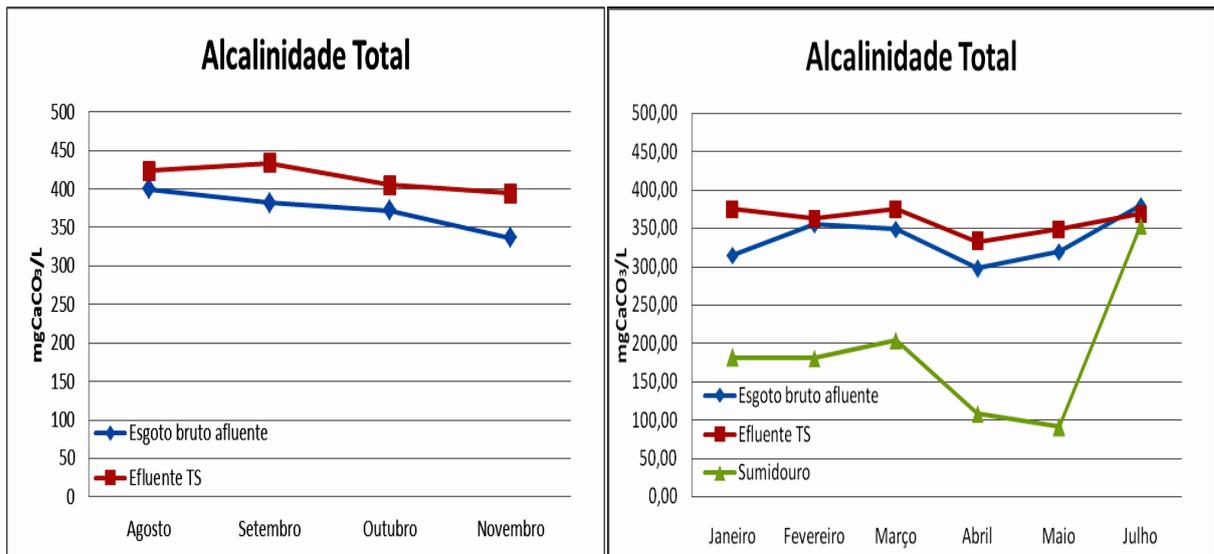
Figura 6: Valores de pH durante o período experimental



Compostos, como CO<sub>2</sub> e ácidos graxos voláteis, tendem a baixar o pH, enquanto cátions geradores de alcalinidade, como os íons de nitrogênio amoniacal provenientes da degradação de proteínas e o sódio originado da degradação de sabão, aumentam a alcalinidade e o pH. A alcalinidade é provocada principalmente por íons bicarbonatos, tais espécies são capazes de se combinar causando o tamponamento da água, e soluções tamponadas são resistentes a alterações bruscas de pH, o que é essencial para a manutenção da vida em meios aquáticos (CHERNICHARO, 2007). A alcalinidade apresentou concentrações de valores extremos durante o período apresentadas na Figura 7 para o esgoto bruto de 297,27 mgCaCO/L e 399,51mgCaCO/L, e para o efluente do Tanque Séptico de 332,23

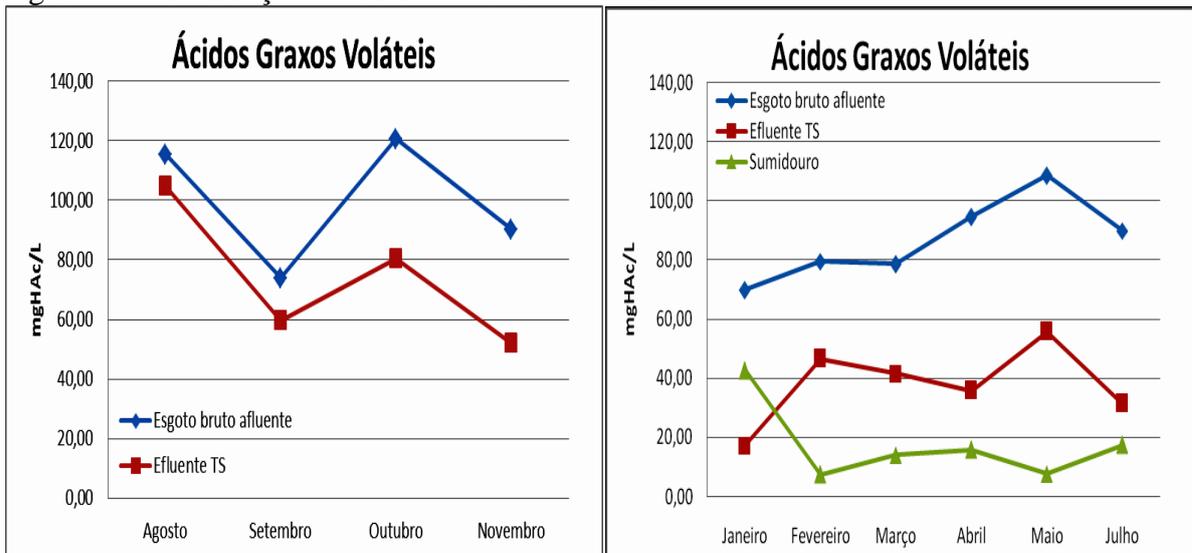
mgCaCO<sub>3</sub>/L e 433,66 mgCaCO<sub>3</sub>/L, e para o efluente do sumidouro de 90,72 mgCaCO<sub>3</sub>/L e 353,44 mgCaCO<sub>3</sub>/L. Este parâmetro tem grande importância na digestão anaeróbia, mas não há prescrição descrita em normas vigentes.

Figura 7: Valores da alcalinidade durante o período experimental.



É importante salientar que a presença de AGV no efluente final reflete uma condição de instabilidade, ao invés de uma deficiência inerente da tecnologia anaeróbia. A acumulação de acetato, propionato e butirato não deve ser encarada como inevitável, mas sim como um sintoma de que uma ou mais etapas do consórcio anaeróbio está sendo prejudicada. Os principais fatores que contribuem para a acumulação de AGV e que determinam o grau de estabilidade de reatores anaeróbios durante condições de distúrbio são: Limitações cinéticas e Limitações termodinâmicas (AQUINO e CHERNICHARO, 2005). Como podemos ver na Figura 8, o efluente do sumidouro e efluente do tanque séptico apresentaram níveis baixos de Ácidos Graxos Voláteis, o que representa um bom funcionamento. O sistema chegou a obter no efluente final do tratamento uma eficiência máxima de 92,9 % no mês de maio.

Figura 8: Concentrações de Ácidos Graxos Voláteis.



## 5.2 Nutrientes

A relação C:N:P (carbono: nitrogênio: fósforo), de acordo com Chernicharo (1997) deve ficar entre a seguinte proporção 700:5:1 para o desenvolvimento das bactérias anaeróbias. Contudo, sabe-se que os nutrientes presentes nos esgotos domésticos estão em concentrações adequadas para o processo de digestão anaeróbia. Em relação à matéria orgânica presente expressa como DQO, a quantidade de N e P, depende da eficiência dos microrganismos em obter energia para síntese, a partir das reações bioquímicas de oxidação do substrato orgânico. Em geral, admite-se que a relação DQO: N: P de 500:5:1 é suficiente para atender às necessidades de macronutrientes dos microrganismos anaeróbios, que tem um requerimento nutricional menor quando comparados a microrganismos aeróbios, devido a baixa velocidade de crescimento (SPEECE, 1996).

Conforme resolução CONAMA nº430/2011, para o lançamento de efluentes de sistemas de tratamento de esgoto o único parâmetro prescrito ao nitrogênio é o amoniacal onde ressalta que o nitrogênio amoniacal total lançado em corpos receptores deve ser abaixo de 20 mgN-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/L. A Figura 9 representa os resultados das concentrações de Nitrogênio Total Kjeldahl, demonstrando uma eficiência considerável durante o período de fevereiro à junho (Segunda fase), tendo no mês de maio uma eficiência de 72,79%.

O nitrogênio Amoniacal representada na Figura 10, apresentou também resultados favoráveis ficando nos meses de abril e maio, abaixo de uma concentração de 20 mgN-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/L, obtendo no mês de abril uma eficiência de remoção deste parâmetro de 73,09%.

Figura 9:Concentrações de NTK.

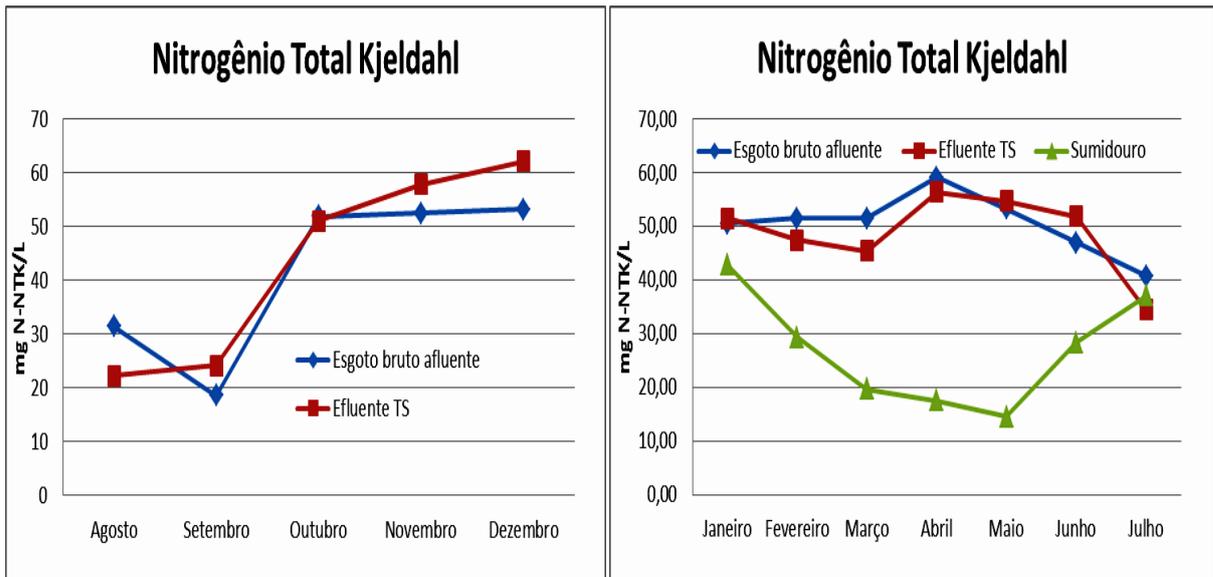
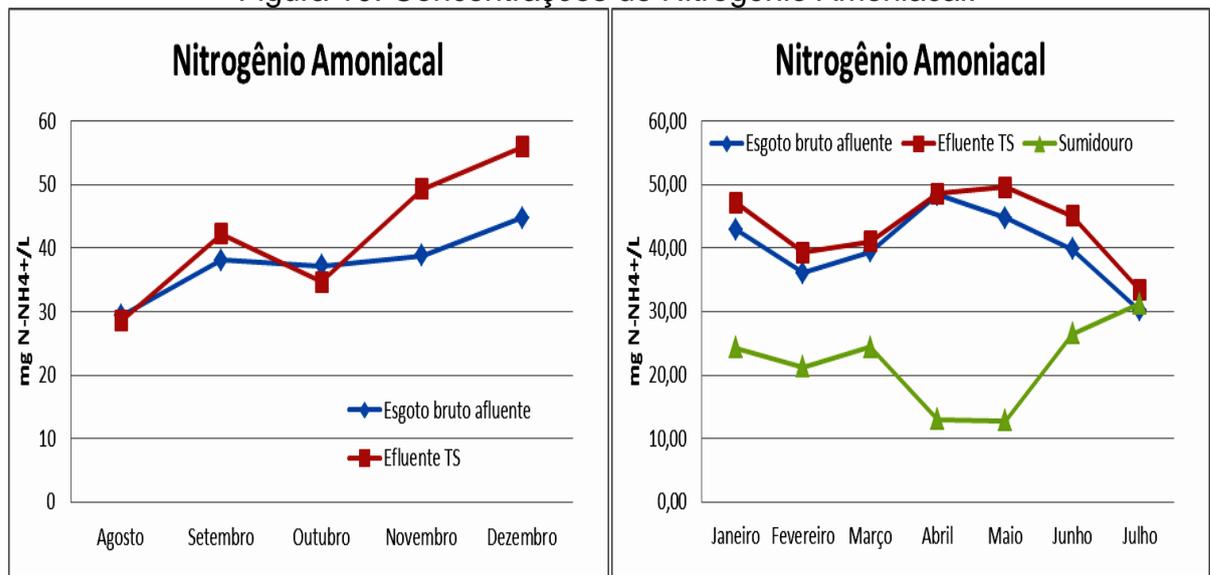


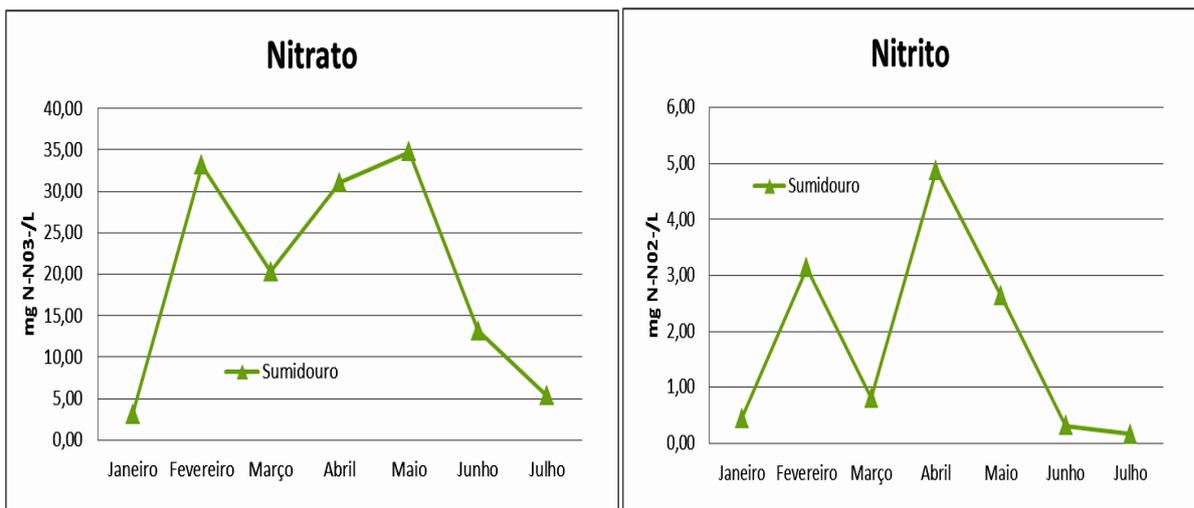
Figura 10: Concentrações de Nitrogênio Amoniacal.



As análises de nitrato e nitrito só foram realizadas na segunda fase do período experimental, pois corresponde o funcionamento e os processos do pós-tratamento. A forma mais oxidada e menos prejudicial em que se pode encontrar o nitrogênio em

corpos d'água, é o nitrato. Conforme resolução CONAMA n° 357/2005, o nível máximos permitidos para os parâmetros de nitrato e nitrito em corpos receptores considerados classe 3, são:  $10,0 \text{ mgN} - \text{NO}_3^-$  e  $1,0 \text{ mgN} - \text{NO}_2^-$ . Conforme a figura 11, os dois parâmetros tiveram tendência aproximados nos resultados, se caso, determinado efluente fosse despejados em rio considerado classe 3, o nitrato apresentaria apenas 28,57% de conformidade com determinada resolução referentes aos meses analisados, tendo como valores extremos de 3,11 e  $34,74 \text{ mgNO}_3^-/\text{L}$ . Já o nitrito apresentaria 57,14 % de conformidade das análises referente à resolução, tendo como valores extremos de 0,32 e  $4,87 \text{ mgNO}_2^-/\text{L}$ .

Figura 11: Concentrações de Nitrato e Nitrito.



De acordo com a resolução CONAMA 357/2005, o valor limite da concentração de fósforo em rios de classes 2 e 3, é de  $0,025 \text{ mg P/L}$ , o que é extremamente restritivo. Vários especialistas afirmam que determinada concentração é dificilmente atingida em sistemas convencionais. Os órgãos de controle ambiental perante estas afirmações tem se posicionado referente ao parâmetro, apenas nos casos de eutrofização de corpos aquáticos. As Figuras 12 e 13 ilustram os resultados das concentrações de Fósforo Total e Ortofosfato, podendo-se destacar o funcionamento do sistema perante remoção de fósforo total na segunda fase no efluente final, obtendo eficiência de 39,02% no mês de fevereiro. De tal forma não se trata de um sistema de eficiência representativa desse nutriente mais fundamental

para redução dos níveis de um dos principais causadores do aumento da biomassa de algas em corpos receptores. Sabe-se que 1 kg de fósforo pode resultar na reconstrução de 111 kg de biomassa, o que corresponde a cerca de 138 kg de demanda química de oxigênio no corpo receptor (ALEM SOBRINHO e JORDÃO, et. al.,2001).

Figura 12: Concentrações de Fósforo Total.

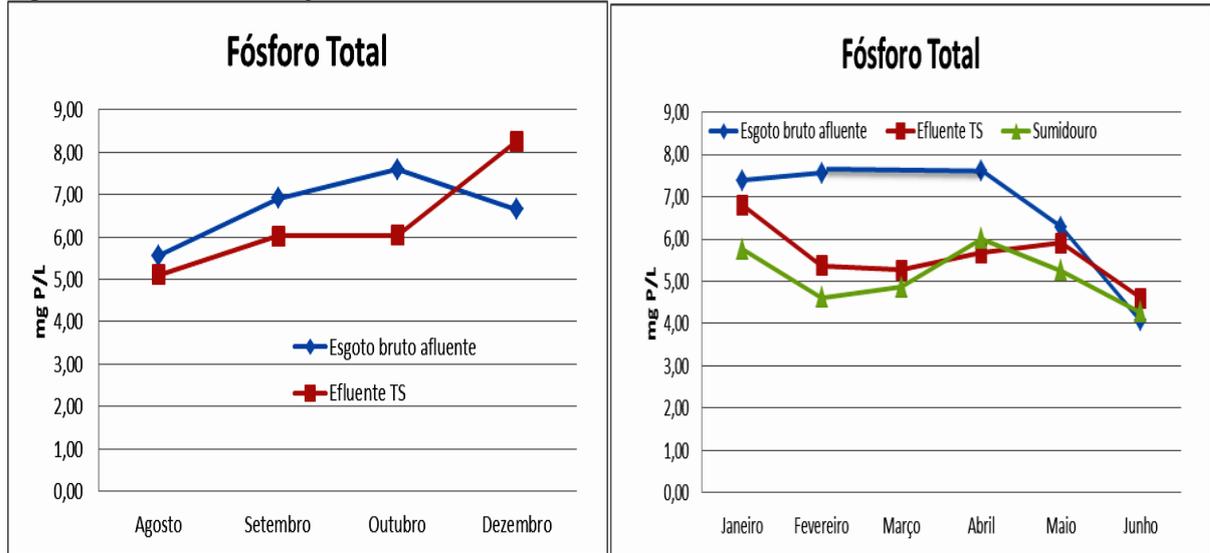
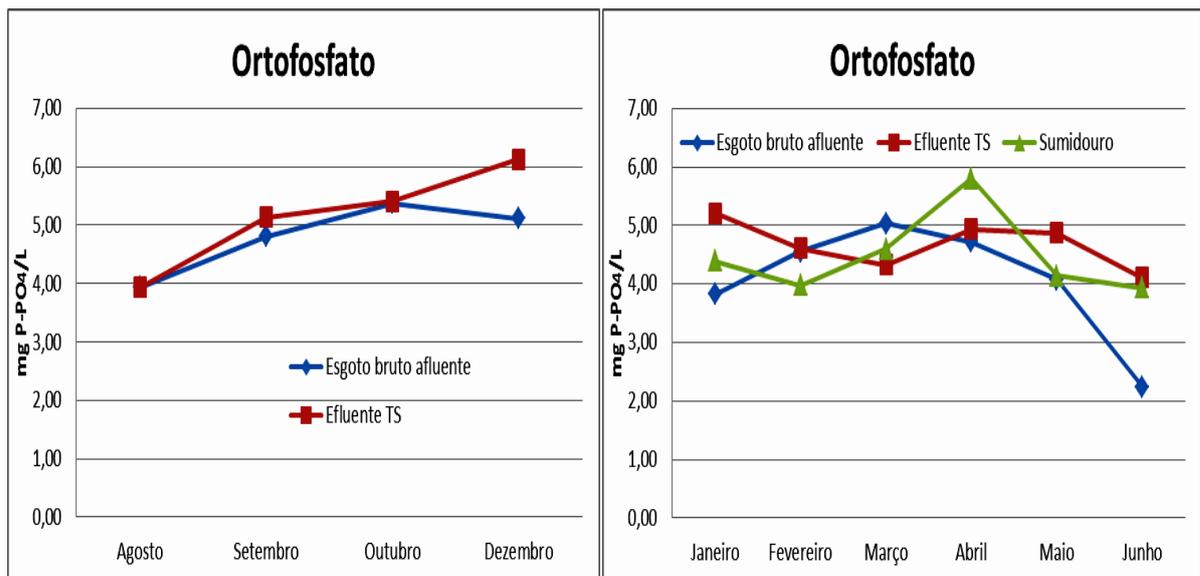


Figura 13: Concentrações de Ortofosfato.



### 5.3 Demanda Química de Oxigênio (DQO)

A demanda química de oxigênio (DQO) quantifica o consumo de oxigênio requerido para oxidação da matéria orgânica. As figuras 14 e 15 representam os resultados obtidos na pesquisa, o sistema apresentou uma eficiência satisfatória de remoção, na segunda fase com 77% para DQO Total e de 60% para DQO Filtrada, significando ótimo funcionamento e operação do sistema realizado dentro o período, pois conforme literatura, os tanques sépticos têm eficiência situada entre 40% e 70% na remoção de DQO (Chernicharo 1997), e com o funcionamento de sumidouro para um pós-tratamento atingimos determinadas eficiências.

Figura 14: Concentrações de DQO total durante o período experimental

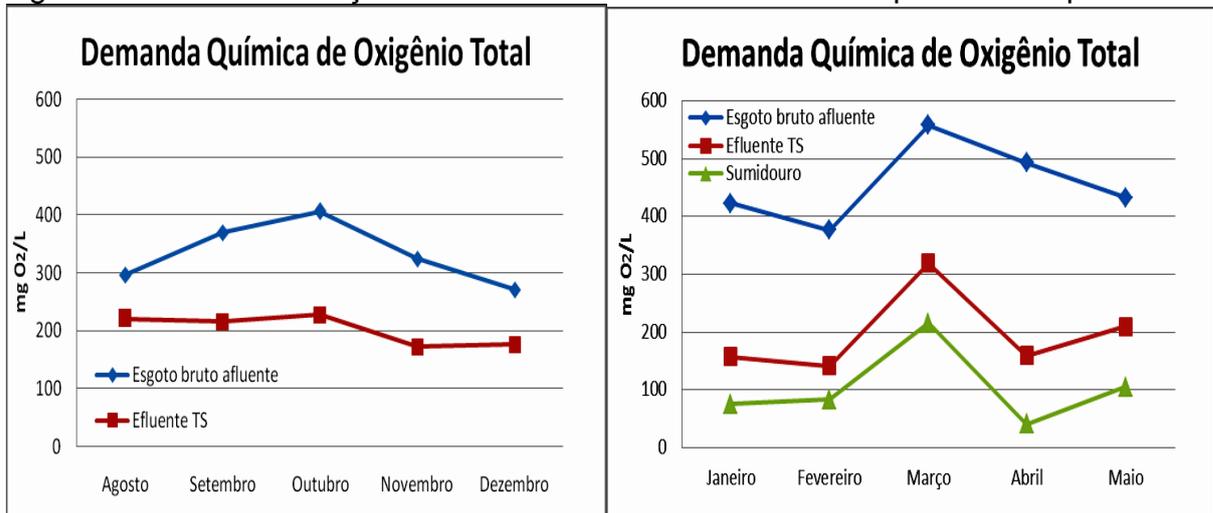
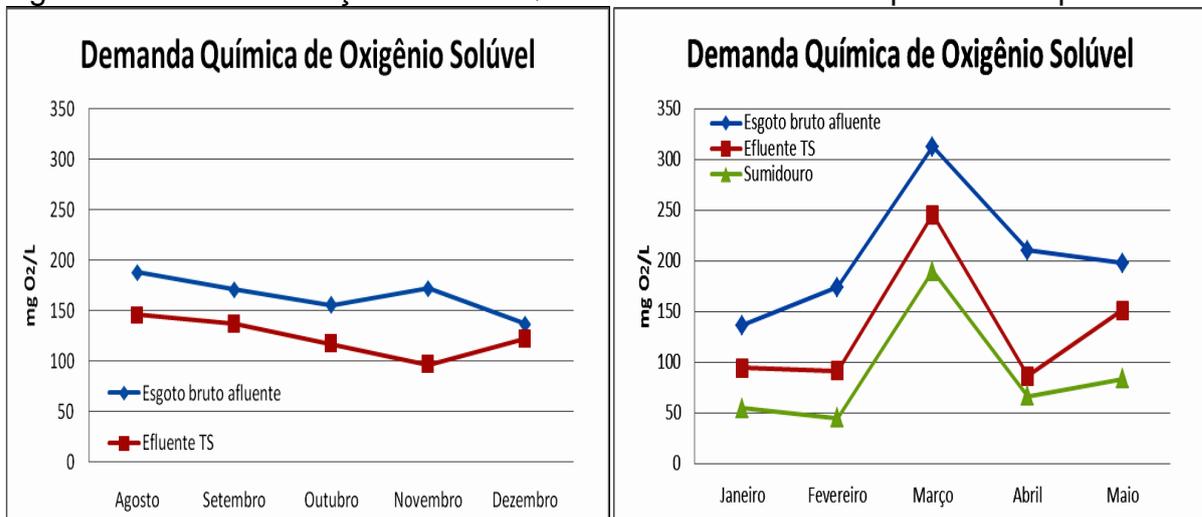


Figura 15: Concentrações de DQO filtrada durante o período experimental.



## 5.4 Sólidos Totais e Sólidos Suspensos

Conforme as Figuras 16, 17, 18 e 19 referentes às concentrações dos sólidos, pode-se observar o bom funcionamento do sistema de tratamento, referente a este parâmetro. De acordo com a literatura esperava-se uma eficiência de remoção para o tanque séptico de 50% a 80% de SST (Sólidos Suspensos Totais) representados na figura 18, comprovada na primeira fase do período experimental que atingiu uma eficiência de 51% de remoção de SST no tanque séptico. Com a complementação de um sistema de disposição final nesta segunda fase podemos ver que os resultados foram mais que satisfatórios, com eficiência de 86,34% de remoção nos SST e 88,58% em SSV (Sólidos Suspensos Voláteis). Quando comparamos as duas fases podemos observar com adição do pós-tratamento, obtivemos um considerável aumento na eficiência do sistema, onde a remoção de SST de 51%, atingiu uma eficiência de 86,34% e para SSV representado na Figura 19 de 50%, uma eficiência de 88,58%. Podendo também destacar os valores extremos do efluente final para ST (Sólidos Totais) representados na Figura 16 de 670 mg/l e 921 mg/l, adquirindo uma eficiência média de 10,8% de remoção, e para STV representada na figura 17, tendo 122 mg/l e 355 mg/l de extremos, com 16,9 % de eficiência média.

Figura 16: Concentrações de ST.

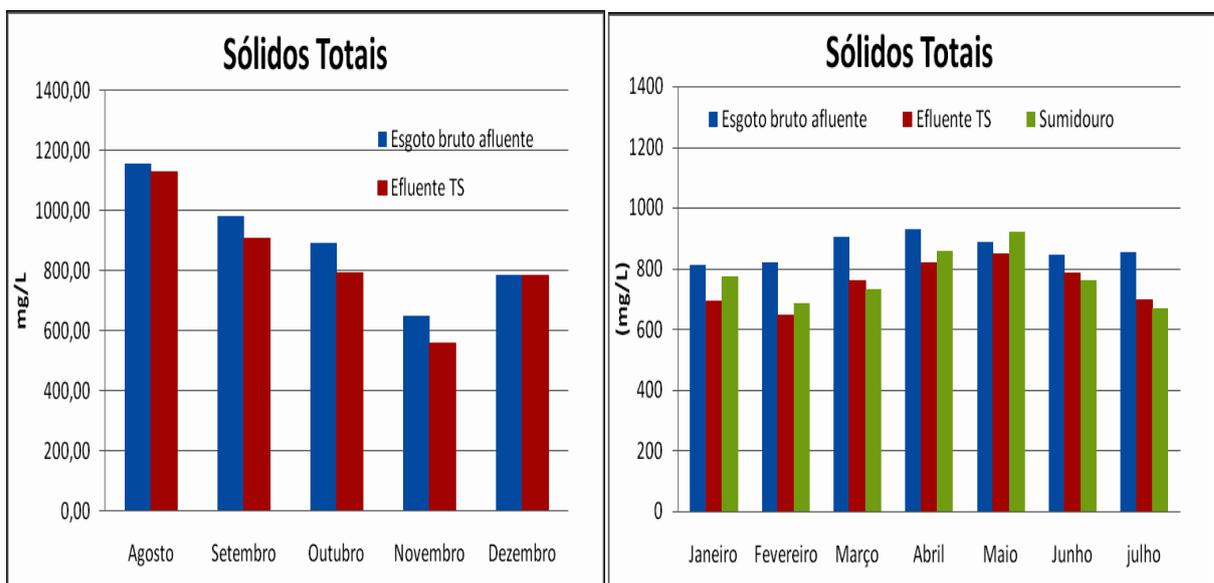


Figura 17: Concentrações de STV.

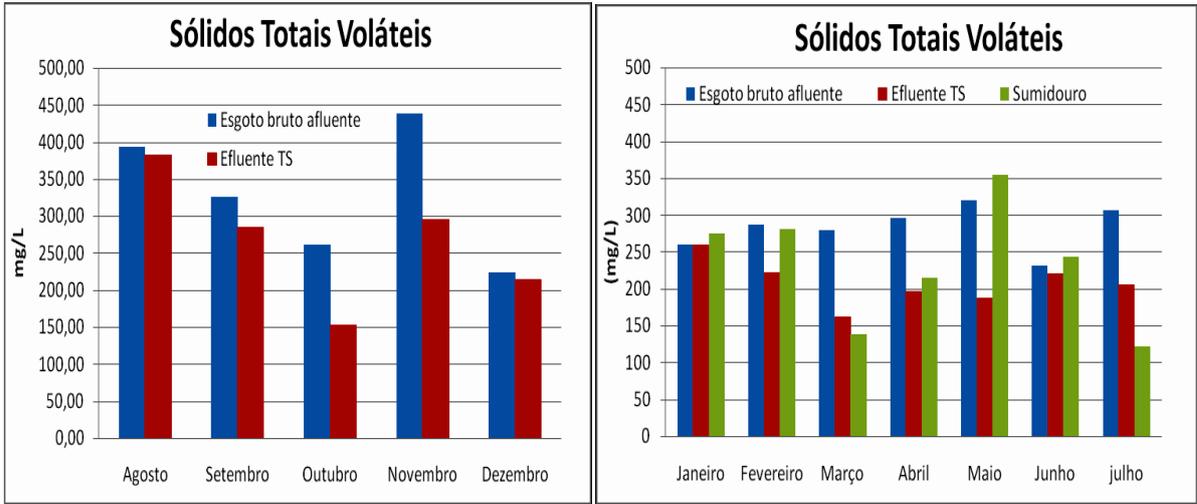


Figura 18: Concentrações de SST.

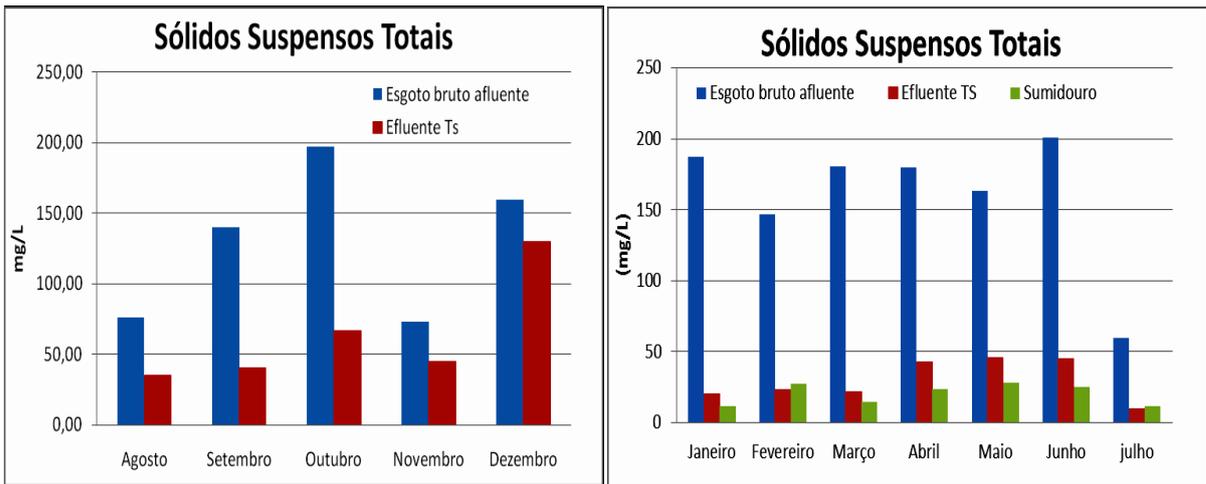
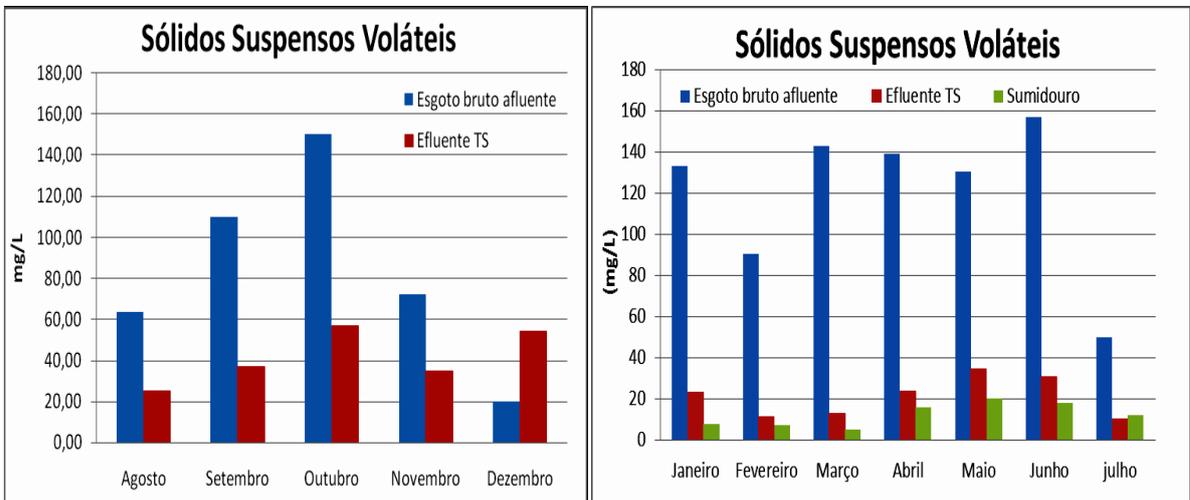


Figura 19: Concentrações de SSV.



### **5.5 Produção de lodo.**

No projeto como tem um objetivo de atender um sistema unifamiliar considerando um carga de baixa taxa mensal, durante o período de 12 meses não se teve a obrigação da realização do descarte de lodo, para renovação celular como indicado na literatura para reatores de alta taxa. O que já era previsto no projeto, mas o tanque tem associados registros laterais como medidas preventivas, podendo atender as necessidades futuras de descartes de lodo. É importante ressaltar a necessidade de limpezas pré-determinadas na operação dos tanques sépticos, onde via de regra, no Brasil tais ações são negligenciadas, geralmente ocorrendo quando a unidade já apresenta problemas no funcionamento. Além disso, dificilmente existe controle de lodo removido dos tanques, sendo freqüentemente lançado em terrenos baldios, lixões, cursos d'água etc. (CHERNICHARO, 2007).

### **5.6 Temperatura**

A temperatura durante o período permaneceu conforme as constantes climatológicas da cidade, variando dentre uma faixa média de 18 á 30°C. A atividade biológica é extremamente dependente da temperatura, sendo o processo de degradação comprometido, quando as temperaturas são inferiores a aproximadamente 20° C. Pode-se também destacar a sua influencia perante a acumulação de lodo, onde a taxa de acumulação de lodo decresce com o aumento da temperatura (CHERNICHARO, 2007).

### 5.7 Coliformes Termotolerantes

Na Tabela 3, são apresentadas as concentrações de Coliformes Termotolerantes investigados no período experimental da pesquisa. Analisando os resultados obtidos, observa-se que há uma remoção média de 2 logs no efluente final do tratamento, o que representa uma diminuição nos níveis desse organismo, mas não de forma significativa. Resultado esse já esperado para o sistema, pois, conforme literatura estudada uma sistema constituído de tanque séptico e sumidouro não possuem uma eficiência considerável na remoção de Coliformes Termotolerantes. Para obter eficiência satisfatória um sistema de tratamento deve atingir uma eficiência de remoção de 99,999%, e diante os atuais processos biológicos e físicos para tratar esgoto doméstico, apenas as lagoas de estabilização chegam a eficiências acima de 99,99% na remoção de organismos patogênicos (CHERNICHARO, 2007).

Tabela 3 - Resultados das Análises de Coliformes Termotolerantes.

DATA	Coliformes Termotolerantes		
	UFC.100mL-1		
	EB	TS	S1
03/11/2011	4,00E+06	1,75E+06	
09/11/2011	5,50E+06	3,15E+06	
07/12/2011	1,70E+06	5,00E+05	
21/12/2011	7,50E+06	1,90E+06	
26/12/2011	1,05E+07	1,15E+06	
28/12/2011	5,00E+06	2,85E+06	
04/01/12	5,50E+06	1,75E+06	2,45E+05
18/01/12	7,00E+06	1,45E+06	2,40E+05
01/02/12	2,00E+06	5,20E+05	5,80E+04
08/02/12	4,70E+06	7,15E+05	3,80E+05
15/02/12	5,50E+06	2,75E+05	1,25E+04
23/02/12	4,75E+06	1,55E+06	-
29/02/12	6,00E+06	-	6,00E+04
04/04/12	4,55E+06	1,20E+05	1,15E+04
18/04/12	3,95E+06	1,23E+06	5,43E+05
<b>Média Geométric</b>	<b>4,77E+06</b>	<b>1,00E+06</b>	<b>9,39E+04</b>

## 6.0 CONCLUSÃO

O trabalho apresentou resultados bem favoráveis, demonstrando uma eficiência considerável e uma conformidade em boa parte dos padrões analisados conforme a legislação ambiental. Nos resultados em suma, podemos destacar a eficiência do sistema referente à remoção do material carbonáceo, onde o efluente final produzido pelo tratamento obteve eficiências médias de remoção de 77% para Demanda Química de Oxigênio Total e de 60% para Demanda Química de Oxigênio Solúvel, obtendo também uma eficiência de 86,34% de remoção nos SST (Sólidos Suspensos Totais) e 88,58% em SSV (Sólidos Suspensos Voláteis).

No entanto, referente aos resultados de colônias de coliformes termotolerantes o indicador de patogênicos escolhido, apresentou níveis de remoção de 2 logs, resultado este não tão significativo, mas que vem a contribuir para a diminuição dos níveis desse organismo, melhorando a qualidade do efluente final, que pode ser posteriormente destinado a um tratamento mais específico, o qual poderá reduzir melhor os seus níveis. Possuindo também percentual de análises de não-conformidades referente à legislação em vigor, apresentados nos parâmetros de fósforo, nitrato e nitrito. As análises de produção de lodo, apresentaram uma taxa de acumulação de sólidos baixa, devido ao tratamento ressaltar um sistema unifamiliar que trabalha com cargas pequenas, sendo assim, como previsto no projeto, não houve a necessidade da realização do descarte de lodo, para renovação celular como indicado na literatura para reatores de alta taxa.

Por fim, pode-se afirmar que os objetivos idealizados inicialmente no trabalho foram atingidos de forma plena, onde o sistema de tratamento apresentou-se como uma alternativa viável de construção simples e aparentemente com custos de produção e manutenção reduzidos, sendo uma opção clara de sistema descentralizado que pode vir a reduzir o déficit de saneamento básico no Brasil, que por muitas vezes atinge as classes menos favorecidas.

### **6.1 Recomendações as pesquisas futuras:**

- A utilização de modelagem matemática para indicar melhor eficiência do reator anaeróbio;
- Estudo de implantação do sistema proposto em uma situação real;
- Efetuar estudos do comportamento e viabilidade do sistema de tratamento atender uma pequena comunidade.

## 7.0 Referências Bibliográficas

ALEM SOBRINHO P. & JORDÃO E.P. (2001). Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios – uma análise crítica. Cap.9. In: Chernicharo, C.A.L. (coordenador). Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios. FINEP/PROSAB, Rio de Janeiro, Brasil, 544 p.

AL-JAMAL, W.; MAHMOUD, N. Community onsite treatment of cold strong sewage in a UASB-septic tank. *Bioresource Technology*, v.100, 2009.

ANDRADE NETO, C. O.; SOUZA NETO, H. N.; LUCAS FILHO, M. Análise do desempenho das duas câmaras de um decanto-digestor de câmaras em série. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 18., 1997, João Pessoa. Anais do 18º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. João Pessoa: ABES, 1997.

AQUINO, SÉRGIO F. DE; CHERNICHARO, CARLOS A. L. Acúmulo de ácidos graxos voláteis (AGVS) em reatores anaeróbios sob estresse: causas e estratégias de controle. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, Vol.10 - Nº 2 - abr-jun, 152-161, 2005.

AZEVEDO NETTO, J. M., ALVAREZ, G. A. - "Manual de Hidráulica", Ed. Edgard Blucher Ltda, 7ª Edição, São Paulo, 1985.

AZEVEDO NETTO, J. M., CAMPOS BOTELHO, M. H.. "Manual de Saneamento de Cidades e Edificações", Editora Pini, 1991.

BARBOSA, Amanda Fernandes. Análise Preliminar do tratamento de água residuária sintética em reator UASB seguido de filtro preenchido com solo natural. 2009. 53 f. Programa de Iniciação Científica – Departamento de Tecnologia, Universidade Estadual de Maringá, Umuarama, 2009.

BATALHA, B. H. L. Séries Manuais: fossa séptica. 2ª Ed. São Paulo: CETESB, 1989.

BITTON, G. *Wastewater Microbiology*. 3 ed. John Wiley & Sons, Inc, 2005.

BORGES, Nayara Batista. Caracterização e pré-tratamento de lodo de fossas e tanques sépticos. 2009. 128 f. Dissertação de Mestrado – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

BRANCO, S.N. *Hidrobiologia Aplicada a Engenharia Sanitária*. 2. ed. São Paulo, CETESB, 1978. 620 p.

CAMPOS, Jose Roberto. *Tratamento de esgotos sanitarios por processo anaerobio e disposicao controlada no solo*. Rio de Janeiro: ABES, 1999.

CHERNICHARO, C. A. L. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias – Volume 5: Reatores anaeróbios. 1. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 2007.

CHERNICHARO, Carlos Augusto Lemos. *Pos-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios*. Belo Horizonte:[s.n], 2001.

Fundação Nacional de Saúde. Manual de Saneamento. 4ª ed. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, FUNASA. 2007.

GARCEZ, Lucas Nogueira. Elementos de engenharia hidráulica e sanitária. 2. ed. Sao Paulo: Edgard Blucher Ltda, 1988.

GRADY C.P.L & LIM H.C. (1980). Biological wastewater treatment: theory and application. Marcel Dekker Inc., New York, 964 p.

HOFFMAN, Heikeet al. Propostas para o saneamento descentralizado no Brasil (tecnologias de baixo custo para o tratamento de esgotos urbanos). In: SEMINÁRIO ICTR- INSTITUTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA EM RESÍDUOS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, Costão do Santinho. P. 715, 2004.

IBGE. Censo Demográfico 2010 -. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em Julho/2012.

JORDAO, Eduardo P.; PESSOA, Constantino A. Tratamento de esgotos domésticos. 5. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

LEME, FRANCÍLIO PAES. Engenharia do saneamento ambiental. São Paulo: Livros Técnicos e Científicos,1994.

METCALF & EDDY, Inc. Wastewater engineering: treatment, disposal and reuse. 3. ed. Nova York: McGraw-Hill, 1995.

MOUSSAVI, Gholamreza, FraroughKazembeigib, MehdiFarzadkiac. Performance of a pilot scale up-flow septic tank for on-site decentralized treatment of residential wastewater. *Process Safety and Environmental Protection* 88, 47–52, 2010.

NHAPI, I. A framework for the decentralised management of wastewater in Zimbabwe. *Physics and Chemistry of the Earth* v. 29, p. 1265–1273, 2004.

PARTEN, S.M. (2010) Planning and installing sustainable onsite wastewatersystems. McGraw Hill. USA. 412 p. II. ISBN 978-0-07-162463-3.

SNIS - Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (2009) Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos 2000. Disponível em <http://www.snis.gov.br>, consultado em setembro de 2012.

SPEECE,R.E.(1996). *Anaerobic Biotechnology for Industrial Wastewaters*.Nashville, Tennessee, Archae Press.

SOUSA, J. T. de; LEITE, V. D. ; Tratamento e Utilização de Esgotos Domésticos na Agricultura, EDUEP. Campina Grande – Paraíba. 2003.

USEPA, United States Environmental Protection Agency. Primer of Municipal Wastewater Treatment Systems. EPA 832-R-04-001. September 2004.

USEPA – United States Environmental Protection Agency (1999a) Understanding Variation in Partition Coefficient, K<sub>d</sub>, Values – Volume I: the K<sub>d</sub> Model, Methods of Measurement, and Application of Chemical Reaction Codes, EPA/402-R-99-004A. Office of Air and Radiation, Washington. 212pp.

USEPA – United States Environmental Protection Agency (1999b) Understanding Variation in Partition Coefficient, K<sub>d</sub>, Values – Volume II: Review of Geochemistry and Available K<sub>d</sub> Values for Cadmium, Cesium, Chromium, Lead, Plutonium, Radon, Strontium, Thorium, Tritium (3H), and Uranium., EPA/402-R-99-004B. Office of Air and Radiation, Washington. 334pp.

VAN HAANDEL, A.; LETTINGA, G. Tratamento anaeróbico de esgotos: Um manual para regiões de clima quente. 1. ed. 1994.

VAN LIER, Jules B.; Zeeman, Grietje; Huibers, Frans. Anaerobic (pre-) treatment for the decentralised reclamation of domestic wastewater, stimulating agricultural reuse. In: UNAM. Instituto de Ingeniería. Anaerobic digestion. Mérida, Yucatán, UNAM, 2002. p.8, Ilus. Apresentado em: Latin American Workshop and Symposium on Anaerobic Digestion, 7, Mérida, Yucatán, 22-25 oct. 2002.