



Adele Guerreiro Martins

**Avaliação do Sistema de Tratamento de
Esgoto Doméstico Instalado em
Empreendimentos da Cidade de Manaus.**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Instituto de Tecnologia
Mestrado Profissional e Processos Construtivos e
Saneamento Urbano

Dissertação orientada pelo Professor Dr. Rui Guilherme Cavaleiro
de Macedo Alves



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
MESTRADO EM PROCESSOS CONSTRUTIVOS E SANEAMENTO URBANO**

**AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO
DOMÉSTICO INSTALADO EM EMPREENDIMENTOS DA
CIDADE DE MANAUS**

ADELE GUERREIRO MARTINS

Belém – PA

2014



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
MESTRADO EM PROCESSOS CONSTRUTIVOS E SANEAMENTO URBANO**

**AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO
DOMÉSTICO INSTALADO EM EMPREENDIMENTOS DA
CIDADE DE MANAUS**

ADELE GUERREIRO MARTINS

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Processos Construtivos e Saneamento Urbano da Universidade Federal do Pará como requisito para a obtenção do grau de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Rui Guilherme Cavaleiro de Macedo Alves

**Belém – PA
2014**

AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO INSTALADO EM EMPREENDIMENTOS DA CIDADE DE MANAUS

ADELE GUERREIRO MARTINS

Esta Dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Processos Construtivos e Saneamento Urbano, área de concentração Saneamento Urbano, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Profissional em Processos Construtivos e Saneamento Urbano (PPCS) do Instituto de Tecnologia (ITEC) da Universidade Federal do Pará (UFPA).

Aprovada em 18 de Setembro de 2014.

Prof. Dr. Denio Ramam Carvalho de Oliveira
(Coordenador do PPCS)

Prof. Dr. Rui Guilherme Cavaleiro de Macedo Alves
(Orientador – UFPA)

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Ronaldo Lopes Rodrigues Mendes
(Examinador Interno – UFPA)

Prof. Dr. João Augusto Pereira Neto
(Examinador Externo – UFPA)

À Ana Celeste Guerreiro Martins, minha mãe
(in memoriam). Por todos os ensinamentos e
exemplo de vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao prof. Dr. Rui Guilherme Cavaleiro de Macedo Alves pela Orientação, críticas e sugestões.

Aos meus familiares, em especial ao meu pai Francisco de A. Trindade Martins e irmã Aline G. Martins pelo incentivo e parceria de toda uma vida. A minha mãe Ana Celeste Guerreiro Martins que ainda em vida me incentivou e me ajudou ate onde pôde para conclusão do curso de mestrado e no plano espiritual me ofereceu sua força e determinação para superar sua ausência e concluir esta pesquisa.

Ao meu esposo Francisco W. A. Júnior por sua colaboração e apoio na pesquisa através de seus conhecimentos como engenheiro ambiental e também como companheiro e incentivador.

Ao meu filho, Thiago Francisco Guerreiro Alves, que com dois anos de idade incrivelmente demonstrou maturidade em entender a minha ausência na dedicação deste trabalho me oferecendo nos momentos de pausa todo o seu sorriso, carinho e graça.

À Empresa de Consultoria parceira neste projeto de pesquisa por permitir o desenvolvimento deste trabalho em sua área de atuação;

SONETO DO OPERADOR DE ETE

Parei outro dia e pensei que o importante é trabalhar pra criar os meus filhos e minha mulher enfeitar. Por isso, todo dia, com o sol eu levanto e num costume falhar. Mas qual a importância do meu trabalho num contexto mais popular? Se o esgoto não é tratado, causa impacto ambiental, eutrofiza a lagoa e prejudica o natural, acaba com os peixes do rio e com a saúde do animal, causa doenças nas pessoas e enche os leitos do hospital. Do meu trabalho depende o bom funcionamento da estação, a qualidade do efluente e as eficiências de remoção, o impacto no ambiente e sobre a saúde da população. Sonho um dia com águas limpas pra pescar e pra nadar, matar a sede do povo sem a saúde afetar. Agora eu sei que o meu trabalho faz a vida das pessoas melhorarem!

Fernando Silva de Paula

RESUMO

Uma estação de tratamento de efluentes (ETE) tem por objetivo reduzir a carga contaminante de esgoto, provenientes de empreendimentos como indústrias, hospitais, órgãos públicos, instituições educacionais, igrejas e diversos setores, a um nível compatível para manter a qualidade do corpo receptor e saúde do homem. Mas, para que uma ETE trabalhe de forma favorável ao meio ambiente, os mesmos cuidados que se tem na busca da otimização e qualidade dos serviços das indústrias modernas devem estar presentes nesta indústria de tratamento de esgotos. Com base nesse fato, neste trabalho foi realizado o diagnóstico de três ETEs localizadas em empreendimentos da cidade de Manaus com objetivo, de avaliar a eficiência do tratamento do esgoto final e as atividades operacionais realizadas. Todos os dados foram fornecidos por uma consultoria ambiental que gerencia ETEs. O método para avaliar a eficiência do tratamento do esgoto final foi utilizar os dados dos laudos analíticos de amostras do esgoto tratado limitando-se ao parâmetro de DBO considerado um excelente indicador de eficiência de entrada e saída do esgoto. Para avaliar as atividades operacionais foi utilizada a base documental e entrevistas. Visitas in loco também foram realizadas para elucidar o processo de tratamento e as atividades operacionais. Os resultados demonstraram eficiência no tratamento do esgoto doméstico apresentando DBO com valores de 67,0 mg/L (ETEA), 10 mg/L (ETEB) e 24 mg/L (ETEC) menores que 120 mg/L exigido pela legislação ambiental CONAMA 430/11. As atividades operacionais realizadas nas ETEs são limpeza do gradeamento, remoção de lodo, gordura, monitoramento do efluente de entrada e saída e paisagismo. O estudo revelou que estações compactadas com tecnologia MBBR é uma boa solução para tratamento de esgoto doméstico para locais com áreas limitadas por suas características de arranjo estrutural, eficiência do tratamento, simplicidade operacional e mão de obra e ainda pelos benefícios de maior resistência a sobrecargas hidráulicas e de cargas orgânicas. Revelou também que falhas operacionais e no controle das informações podem ocorrer por falhas de gestão, com isso, este estudo sugeriu que o uso da ferramenta de qualidade PDCA e as orientações da norma ambiental ABNT NBR ISO 14001 sejam adotados para melhor gerenciamento de ETEs e que se espera que os empreendimentos encontrem alternativas para disposição da gordura face às limitações de empresas na cidade de Manaus, problemática esta, que pode servir de tema para trabalhos futuros.

Palavras-Chave: Estação de Tratamento de Esgoto (ETE); Eficiência do tratamento final; Atividades operacionais.

ABSTRACT

A Sewage Treatment Station (ETE) is to reduce the pollution load of wastewater from new developments like industries, hospitals , government agencies , educational institutions , churches and various sectors, at a level to maintain the quality of the receiving water body and human health . But for a work of ETE environment friendly way, the same care you have in search optimization and quality of service of modern industries should be present in the sewage treatment industry. Based on this fact, in this study the diagnosis three WWTPs located in the city of Manaus ventures with the purpose of evaluating the effectiveness of treatment of sewage and the final operating activities was conducted. All data were provided by an environmental consultancy that manages ETE 's. The method to evaluate the treatment efficiency of the final sewage was using data analytical reports of samples of treated sewage limited to the BOD parameter considered an excellent indicator of efficiency in and out of the sewer . To evaluate the operational activities the evidence base and interviews was used. Site visits were also conducted to elucidate the treatment process and operational activities. The results demonstrated effectiveness in the treatment of domestic sewage BOD presenting with values from 67.0 mg / L (ETEA) , 10 mg / L (ETEB) and 24 mg / L (ETEC) less than 120 mg / L required by environmental legislation CONAMA 430/11 . Operational activities at the STPs are cleaning the railing , sludge removal , fat, effluent monitoring input and output and landscaping . The study revealed that compressed with MBBR technology seasons is a good solution for treatment of domestic sewage for locations with limited features for its structural arrangement areas , treatment efficiency , operational simplicity and workmanship and also the benefits of increased resistance to hydraulic overloads and organic fillers . Also revealed that operational failures and control of information can occur for management failures, therefore, this study suggested that the use of the PDCA quality tool and the guidelines of the environmental standard ISO 14001 are in place to better manage ETE'se it is expected that the projects to find alternative provision fat face limitations of companies in the city of Manaus , this problem , which can serve as a topic for future work .

Key -Words: Sewage Treatment Station (ETE); Efficiency of final treatment; Operating Activities

LISTA DE SIGLAS

ABNT - Associação brasileira de normas técnicas;
ANA - Agência Nacional de Águas;
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente;
COT - Carbono orgânico total;
DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio;
DQO - Demanda Química de Oxigênio;
EPI - Microscopia de epifluorescência;
ETE - Estação de tratamento de efluentes;
MBBR - Moving Bed Biofilm Reactor;
OD - Oxigênio dissolvido;
PIM – Pólo Industrial de Manaus;
Q – Vazão;
SST - Sólidos em Suspensão Totais;
SSV - Sólidos Suspensos Voláteis;

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

TABELA 2.1 - CLASSIFICAÇÃO DO ESGOTO POR MEIO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS	23
TABELA 2.2 - PADRÕES DE QUALIDADE DAS ÁGUAS (CONAMA N° 430/2011).	23
TABELA 2.3 – PARÂMETROS DE QUALIDADE DAS ÁGUAS (CONDEMA N° 034/2012).	24

CAPÍTULO 4

TABELA 4.1 – ATIVIDADES REALIZADAS	65
TABELA 4.2 – OCORRÊNCIAS REGISTRADAS NAS ETE'S	69

LISTA DE GRÁFICOS

CAPÍTULO 2

GRÁFICO 2.1 - ETE COMPACTA MBBR NA CIDADE DE MANAUS.....	47
--	----

CAPÍTULO 4

GRÁFICO 4.1 – RESULTADO ANALÍTICO DA DBO DE ENTRADA DO ESGOTO BRUTO E SAÍDA DO ESGOTO TRATADO ETE (A).....	62
GRÁFICO 4.2 – RESULTADO ANALÍTICO DA DBO DE ENTRADA DO ESGOTO BRUTO E SAÍDA DO ESGOTO TRATADO ETE(B).....	63
GRÁFICO 4.3 – RESULTADO ANALÍTICO DA DBO DE ENTRADA DO ESGOTO BRUTO E SAÍDA DO ESGOTO TRATADO ETE(B).....	64
GRÁFICO 4.4 – OCORRÊNCIAS NA OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DAS ETES.....	69

LISTA DE QUADROS

CAPÍTULO 2

QUADRO 2.1 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	20
QUADRO 2.2 - CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS	21
QUADRO 2.3 - CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS	21
QUADRO 2.4 - CONSTITUINTE DO ESGOTO DOMÉSTICO.....	22

CAPÍTULO 4

QUADRO 4.1 - CARACTERÍSTICAS DAS ETES.....	54
QUADRO 4.2 - NÍVEIS DE TRATAMENTO DA ETES E SEUS ELEMENTOS.	55
QUADRO 4.3 - GUIA GERENCIAL PARA ETE.....	73

LISTA DE FIGURA

CAPITULO 2

FIGURA 2.1 - GRADE DE LIMPEZA MANUAL.....	39
FIGURA 2.2 - GRADE DE LIMPEZA MECANIZADA.....	39
FIGURA 2.3 – SISTEMAS DE ELEVATÓRIA.....	41
FIGURA 2.4 – CARRIES OU MEIO SUPORTES PLÁSTICO.....	46
FIGURA 2.5 – PROCESSO DE AERAÇÃO COM MBBR.....	46

CAPÍTULO 4

FIGURA 4.1 - ETE A.....	53
FIGURA 4.2 - ETE B.....	53
FIGURA 4.3 - ETE C.....	54
FIGURA 4.4 - REPRESENTAÇÃO DOS NÍVEIS DE TRATAMENTO NAS ETES.....	56
FIGURA 4.5 - GRADEAMENTO.....	56
FIGURA 4.6 – CAIXA DE GORDURA.....	57
FIGURA 4.7 – ELEVATÓRIA.....	58
FIGURA 4.8 – TANQUE DE SEDIMENTAÇÃO/EQUALIZAÇÃO.....	58
FIGURA 4.9 – REATOR AERÓBIO BIOLÓGICO COM MBBR.....	59
FIGURA 4.10 – SOPRADOR.....	59
FIGURA 4.11 – EFLUENTE TRATADO.....	60
FIGURA 4.12 – ESGOTO BRUTO E ESGOTO TRATADO.....	60
FIGURA 4.13 – LIMPEZA DO GRADEAMENTO.....	66
FIGURA 4.14 – COLETA DO EFLUENTE TRATADO PARA ANÁLISE.....	67
FIGURA 4.15 – REMOÇÃO DE LODO DO TANQUE DE SEDIMENTAÇÃO E REATOR BIOLÓGICO.....	67
FIGURA 4.16 – REMOÇÃO DA GORDURA.....	68
FIGURA 4.17 – IMAGEM DA ALTA QUANTIDADE DE LODO NO REATOR BIOLÓGICO E DESLOCAMENTO DAS BIOMÍDIAS.....	70
FIGURA 4.18 – ENTUPIMENTO DAS TELAS DENTRO DA ETE.....	70
FIGURA 4.19 – ELEVATÓRIA ENTUPIDA COM RESÍDUO DEVIDO A FALTA DE CAPINA.....	71

SUMÁRIO

CAPITULO 1 – INTRODUÇÃO.....	16
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	16
1.2 OBJETIVOS.....	17
1.2.1 OBJETIVO GERAL.....	17

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
CAPÍTULO 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1 ESGOTO DOMÉSTICO.....	19
2.1.1 CARACTERÍSTICAS DO ESGOTO DOMÉSTICO.....	20
2.1.2 CONSTITUINTES DO ESGOTO DOMÉSTICO.....	22
O QUADRO 2.4 APRESENTA OS PRINCIPAIS CONSTITUINTES DO ESGOTO DOMÉSTICO.....	22
2.2 PRINCIPAIS PARÂMETROS PARA AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO.....	22
2.2.1 PARÂMETROS FÍSICOS.....	24
2.2.2 PARÂMETROS QUÍMICOS.....	26
2.2.3 PARÂMETROS BIOLÓGICOS	29
2.3 REQUISITOS LEGAIS.....	30
2.3.1 RESOLUÇÃO CONAMA Nº. 377/2006.....	30
2.3.2 LEGISLAÇÃO MUNICIPAL 1.192/2007	31
2.3.3 POLÍTICA NACIONAL DOS RECURSOS HÍDRICOS	32
2.3.4 PLANO DIRETOR DA CIDADE DE MANAUS	33
2.4. ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTE	33
2.5 NÍVEIS DE TRATAMENTO.....	34
2.5.1 TRATAMENTO PRELIMINAR.....	35
2.5.2 TRATAMENTO PRIMÁRIO	35
2.5.3 TRATAMENTO SECUNDÁRIO	35
2.5.4 TRATAMENTO TERCIÁRIO.....	36
2.6 ESTUDO DA EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO	36
2.7 CONTROLE OPERACIONAL	37
2.7.1 PRÁTICAS DE MANUTENÇÃO NA ETE:	38
2.7.2 PRÁTICA OPERACIONAL NO TRATAMENTO PRELIMINAR.....	39
2.7.3 PRÁTICA OPERACIONAL NO TRATAMENTO PRIMÁRIO.....	41
2.7.4 PRÁTICA OPERACIONAL NO TRATAMENTO BIOLÓGICO OU SECUNDÁRIO.....	41
2.8 PRINCIPAIS PROCESSOS DE TRATAMENTO DE ESGOTO	42
2.8.1 REATORES DE LEITO MÓVEL COM BIOFILME (MBBR – MOVING-BED BIOFILM REACTOR)	45
2.9 PERFIL DA ESTAÇÃO COMPACTA DE TRATAMENTO OBJETO DE ESTUDO	47
CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA	50
CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES	53
4.1 CARACTERÍSTICAS DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO ETES.	53
4.2 DESCRIÇÕES DO PROCESSO DE TRATAMENTO	55
4.3 RESULTADOS DO TRATAMENTO DAS ETES	61
4.3.1 RESULTADO ETE (A).....	61
4.3.2 RESULTADO DA ETE (B)	63
4.3.3 RESULTADO DA ETE (C)	64
4.4 ATIVIDADES DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO.....	65
4.5 PROBLEMAS RELACIONADOS	68
4.5.1 PROBLEMAS DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO.....	68
4.5.2 PROBLEMAS DE CONTROLE DA INFORMAÇÃO.....	71
4.5.3 SUGESTÕES DE MELHORIA APLICADAS AO GERENCIAMENTO	72

CAPÍTULO 5 – CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	74
5.1 CONCLUSÃO.....	74
5.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	75
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76
APENDICE A – CHECK LIST DE VISITAS AS ETES.....	80

CAPITULO 1 – INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O saneamento ambiental pode ser entendido como um conjunto de ações capazes de controlar os impactos que as atividades humanas, industriais e a urbanização podem causar no meio ambiente. No caso dos recursos hídricos, o tratamento do esgoto sanitário é uma ação efetiva de saneamento ambiental quando promove a qualidade dos recursos hídricos naturais e da saúde humana.

O tratamento de esgoto reduz a demanda de oxigênio que seria subtraída por bactérias presentes em águas poluídas. As águas poluídas devem ser tratadas para retirada de substâncias poluentes para que os corpos receptores não tenham sua capacidade de depuração prejudicada (SANTOS 2003).

É fato que a questão ambiental e a busca para atender o conceito de desenvolvimento sustentável têm evoluído no Brasil e na cidade de Manaus as políticas públicas vêm desenvolvendo um ótimo trabalho aplicando e instituindo medidas de controle como as legislações e fiscalização para preservação do meio ambiente.

No que trata sobre os recursos hídricos, além da legislação federal do Conama 430/2011 referente ao padrão de lançamento de efluente doméstico já atendido no Brasil, na cidade de Manaus foi criada a legislação municipal 1.192/2007 que trata sobre programa de tratamento e uso racional das águas nas edificações (PRÓ-ÁGUAS, 2007) que entre outras imposições, determina que empreendimentos na área urbana e de transição desprovida de sistema público de esgoto com usuários superior a 40 pessoas instalem um sistema de tratamento de esgoto de característica doméstica, composto de pré-tratamento, tratamento primário, secundário e desinfecção. Também foi criada a legislação municipal Condema 034/2012 que estabelece o padrão de lançamento de efluente municipal.

Uma estação de tratamento de esgoto doméstico deve ser entendida como uma indústria transformando uma matéria-prima (esgoto bruto) em produto final (esgoto tratado) e os mesmos cuidados e busca a otimização e qualidade dos serviços das indústrias modernas deve estar presentes nesta indústria de tratamento de esgotos (VON SPERLING e CHERNICHARO, 1996 *apud* LA RAVORE, 2002).

Partindo dessa explanação, este trabalho levanta o seguinte problema: como está à qualidade do serviço de tratamento oferecido por uma ETE instalada num empreendimento e quais os cuidados estão presentes nesta indústria de tratamento de esgoto? Com base neste questionamento, este trabalho busca subsídios dentro do contexto de uma estação de tratamento de esgoto doméstico mais especificamente nos dados de monitoramento e de controle operacional avaliar a qualidade do tratamento em relação ao padrão de lançamento do efluente tratado da legislação federal Conama nº 430/2011 e os cuidados destinados a ETE para manter o sistema funcionando de forma favorável ao meio ambiente.

Portanto, diante do exposto e da importância do tratamento do esgoto doméstico para preservação do meio ambiente principalmente para qualidade dos recursos hídricos e da localidade atendida, este estudo tem como objetivo diagnosticar uma estação de tratamento de esgoto doméstico e avaliar a eficiência do tratamento final e quais as atividades operacionais realizadas. Para atender este objetivo houve o suporte de uma consultoria ambiental que gerencia estações de tratamento. O campo de observação será marcado pela singularidade da própria empresa de consultoria e do local estudado, estabelecendo suas fronteiras no ambiente interno da referida.

Esta pesquisa justifica-se, pois à medida que a urbanização vai crescendo o investimento em saneamento também vai se tornando necessário e os empreendimentos tendem a se adequarem implantando estações de tratamento de esgoto doméstico, mas por vezes, não tem o conhecimento das tecnologias, dos processos de tratamento e do controle operacional necessário. Por esse motivo, também é relevante quando se espera fornecer informações para os gerentes, consultores, síndicos, sociedade e gestores ambientais sobre uma alternativa de tecnologia, de sua eficiência no tratamento de esgoto e qual o controle operacional necessário.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Diagnosticar uma estação de tratamento de esgoto doméstico e verificar a eficiência do tratamento e as quais atividades de operação e manutenção são realizadas.

1.2.2 Objetivos Específicos

- a)** Descrever o tipo de estação de tratamento instalada no empreendimento;
- b)** Demonstrar a eficiência do tratamento através de parâmetros físico-químicos, com base na legislação vigente;
- c)** Levantar as atividades de operação e manutenção realizadas na ETE, assim como, os problemas relacionados;
- d)** Sugerir melhorias no controle gerencial da ETE.

CAPÍTULO 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ESGOTO DOMÉSTICO

O esgoto doméstico ou domiciliar provém, principalmente, de residências, edifícios comerciais, instituições ou quaisquer edificações que contenham instalações de banheiros, lavanderias, cozinhas ou qualquer dispositivo de utilização da água para fins domésticos. Compõem-se, essencialmente, da água de banho, urina, fezes, papel, restos de comida, sabão, detergentes e águas de lavagem (JORDÃO & PESSÔA, 1995).

Para Benetti & Bidone (1997) “os esgotos sanitários apresentam uma composição praticamente uniforme, que é constituída, primeiramente, por matéria orgânica biodegradável, microorganismos (bactérias, vírus, etc.) nutrientes (nitrogênio e fósforo), óleos, graxas e detergentes”.

É possível perceber através da coloração algumas composições da água do esgoto doméstico, segundo Balkema et. al. (2001), as águas cinza são as águas provenientes das pias, tanques, lavatórios e chuveiros e possuem contaminantes químicos, resultantes dos produtos de limpeza e higiene; sólidos em suspensão (cabelos, fibras de tecidos, eia, etc.); gorduras; graxas e óleos. As águas negras são as resultantes do vaso sanitário (fezes e urina), possuem elevada concentração de matéria orgânica e tem alto índice de microrganismos patogênicos.

Outras definições de cores para águas residuárias são informadas por GTZ (2006), pois estas possuem características diferentes devido ao seu uso: águas amarelas, somente urina; águas marrons, somente fezes; e as águas cinza e negras citado anteriormente.

Conforme Von Sperling (1996) “a característica dos esgotos é função dos usos à qual a água foi submetida. Esses usos, e a forma com que são exercidos, variam com o clima, situação social e econômica, e hábitos da população”.

Para realização do tratamento é necessário o conhecimento da vazão ou descarga de esgotos, sendo esta grandeza conforme Jordão & Pessôa (1995) a mais importante característica dos esgotos acompanhada da sua variação, pois influenciam no projeto das canalizações, no dimensionamento da ETE (Estação de Tratamento de Esgoto), influem diretamente na estimativa da massa de poluentes presentes no esgoto e na avaliação dos

impactos do meio ambiente (ar, água e solo). Para tal, deve se conhecer ou estimar a vazão do esgoto afluente a ETE, bem como a variação desta vazão.

Para definir a qualidade dos efluentes gerados, devem ser obtidas informações passíveis de mensuração com o intuito de se definir os parâmetros físicos, químicos e biológicos.

A qualidade da água é representada por características intrínsecas, geralmente mensuráveis, de natureza física, química e biológica. Estas características, se mantidas dentro de certos limites, viabilizam determinado uso. Esses limites constituem os padrões da qualidade da água (VITERBO, 1998).

2.1.1 Características do esgoto doméstico

O esgoto doméstico pode ser classificado de acordo com suas características físicas (Quadro 2.1), químicas (Quadro 2.2) e biológicas (Quadro 2.3).

Quadro 2.1 - Características Físicas

Parâmetro	Descrição
Temperatura	- ligeiramente superior à da água de abastecimento; - variação conforme as estações do ano (mais estável que a temperatura do ar); - influência na atividade microbiana; - influencia na solubilidade dos gases; - influencia na viscosidade do líquido.
Cor	- esgoto fresco: ligeiramente cinza; - esgoto séptico: cinza escura ou preta.
Odor	- esgoto fresco: odor oleoso, relativamente desagradável; - esgoto séptico: odor fétido, devido ao gás sulfídrico e a outros produtos da decomposição; - despejos industriais: odores característicos.
Turbidez	- causada por uma grande variedade de sólidos em suspensão; - esgotos mais frescos ou mais concentrados: geralmente maior turbidez.

Fonte: Adaptado de Qasim (1985) *apud* Von Sperling (1996, p. 61).

Quadro 2.2 - Características químicas

Parâmetros	Descrição
Determinação Indireta - DBO5	- Demanda Bioquímica de Oxigênio. Medida há 5 dias, 20°C. Está associada à fração biodegradável dos componentes orgânicos carbonáceos. É uma medida do oxigênio consumido após 5 dias pelos microrganismos na estabilização bioquímica da matéria orgânica.
DQO DBO Determinação Direta COT	- Demanda Química de Oxigênio. Representa a quantidade de oxigênio requerida para estabilizar quimicamente a matéria orgânica carbonácea. Utiliza fortes agentes oxidantes em composições ácidas. - Demanda última de oxigênio. Representa o consumo total de oxigênio, ao final de vários dias, requerido pelos microrganismos para a estabilização bioquímica da matéria orgânica. - Carbono Orgânico Total. É uma medida direta da matéria orgânica carbonácea. É determinado através da conversão do carbono orgânico a gás carbônico.
NITROGÊNIO TOTAL • Nitrogênio orgânico • Amônia • Nitrito • Nitrato	- Nitrogênio total inclui o nitrogênio orgânico, amônia, O nitrito e nitrato. É um nutriente indispensável para o desenvolvimento dos microrganismos no tratamento biológico. O nitrogênio orgânico e a amônia compreendem o denominado Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK). - Nitrogênio na forma de proteínas, aminoácidos e uréia. - Protegida como primeiro estágio da decomposição do nitrogênio orgânico. - Estágio intermediário da oxidação da amônia. Praticamente ausente no esgoto bruto. - Produto final da oxidação da amônia. Praticamente ausente no esgoto bruto.
FÓSFORO • Fósforo orgânico • Fósforo inorgânico	O fósforo total existe na forma orgânica e inorgânica. É um nutriente indispensável no tratamento biológico. - Combinado à matéria orgânica. - Ortofosfato e polifosfato.
pH	Indicador das características ácidas ou básicas do esgoto, uma solução é neutra em pH7. Os processos de oxidação biológica normalmente tendem a reduzir o pH.
Alcalinidade	Indicador da capacidade tampão do meio (resistência às variações do pH). Devido à presença de bicarbonato, carbonato e íon hidroxila (OH).
Cloretos	Provenientes da água de abastecimento e dos dejetos humanos.
Óleos e Graxas	Fração da matéria orgânica solúvel em hexanos. Nos esgotos domésticos, as fontes são óleos e gorduras utilizados nas comidas.

Fonte: Adaptado de Arceivala (1981), Qasim (1985), Metcalf & Eddy (1991) *apud* Von Sperling (1996, p. 62).

Quadro 2.3 - Características biológicas

Microorganismos	Descrição
Bactérias	Organismos protistas unicelulares. Apresentam-se em várias formas e tamanhos. São os principais responsáveis pela estabilização da matéria orgânica. Algumas bactérias são patogênicas, causando principalmente doenças intestinais.
Fungos	Organismos aeróbios, multicelulares, não fotossintéticos, heterotróficos. Também de grande importância na decomposição da matéria orgânica. Podem crescer em condições de baixo pH.
Protozoários	Organismos unicelulares sem parede celular. A maioria é aeróbia ou facultativa. Alimentam-se de bactérias, algas e outros microrganismos. São essenciais no tratamento biológico para a manutenção de um equilíbrio entre os diversos grupos. Alguns são patogênicos.
Vírus	Organismos parasitas, formados pela associação de material genético (DNA ou RNA) e uma carapaça protéica. Causam doenças e podem ser de difícil remoção no tratamento da água ou do esgoto.
Helminhos	Animais superiores. Ovos de helmintos presentes nos esgotos podem causar doenças.

Fonte: Silva & Mara (1979), Tchobanoglous & Schroeder (1985), Metcalf & Eddy (1991), *apud* Von Sperling (1996, p. 63).

2.1.2 Constituintes do esgoto doméstico

O Quadro 2.4 apresenta os principais constituintes do esgoto doméstico.

Quadro 2.4 – Constituinte do esgoto doméstico

COMPOSIÇÃO DO ESGOTO DOMÉSTICO		
Tipos de Substâncias	Origem	Observações
Sabões	Lavagem de louças e roupas.	-----
Detergentes (podem ser ou não biodegradáveis).	Lavagem de Louças e roupas.	A maioria dos detergentes contém o nutriente fósforo na forma de polifosfato.
Cloreto de Sódio.	Cozinha e na urina humana.	Cada ser humano elimina pela urina de 7 a 15 gramas/dia.
Fosfatos.	Detergentes e urina humana.	Cada ser humano elimina em média pela urina 1,5 gramas/dia.
Sulfatos.	Urina humana.	-----
Carbonatos.	Urina humana.	-----
Uréia, amoníaco e ácido úrico.	Urina Humana.	Cada ser humano elimina de 14 a 42 gramas de ureia por dia.
Gorduras.	Cozinhas e Fezes Humanas.	-----
Substâncias córneas, ligamentos da carne e fibras vegetais não digeridas.	Fezes Humanas.	Vão se constituir na porção de matéria orgânica em decomposição, encontrada nos esgotos.
Porções de amido (Glicogênio, glicose) e de protéicos (aminoácidos, proteínas, albumina).	Fezes Humanas.	Idem
Urobilina, pigmentos hepáticos, etc.	Urina Humana.	Idem
Mucos, células de descamação epitelial.	Fezes Humanas.	Idem
Vermes, bactérias, vírus, leveduras etc.	Fezes Humanas.	Idem
Outros materiais e substâncias: areia, plásticos, cabelos, sementes, fetos, madeira, absorventes femininos, etc.	Areia: Infiltrações nas redes de coleta, banhos em cidades litorâneas, parcela e águas pluviais, etc. Demais substâncias são indevidamente lançadas nos vasos sanitários.	-----
Água	-----	99,9%
Carbono, Hidrogênio, Oxigênio, Nitrogênio, Fósforo, Enxofre e outros micros elementos.	-----	-----

Fonte: Adaptado de Nuvolari (2003).

2.2 PRINCIPAIS PARÂMETROS PARA AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO

Quando as características físicas, químicas e biológicas do esgoto doméstico são determinadas em valores, permitem conhecer o grau de poluição, dimensionar e determinar a

eficiência das ETEs. De acordo com Metcalf e Eddy (2002) por meio das características físicas e químicas, o esgoto pode ser classificado em forte, médio e fraco, conforme mostra a Tabela 2.1.

Tabela 2.1 - Classificação do esgoto por meio das características físicas e químicas

Características (mg/L).	Forte	Médio	Fraco
Sólidos Totais.	200	720	350
Sólidos Dissolvidos.	850	500	250
Sólidos Dissolvidos Fixos.	850	500	250
Sólidos Dissolvidos Voláteis.	525	300	145
Sólidos em Suspensão Totais.	350	220	100
Sólidos Sedimentáveis.	20	10	05
DBO5.	400	220	110
DQO.	1.000	500	250
Nitrogênio Total NTK.	85	40	20
Nitrogênio Orgânico.	35	15	08
Nitrogênio Amoniacal.	50	25	12
Fósforo Total.	15	08	04
Cloreto.	100	50	30
Sulfato.	50	30	20
Óleos e Graxas.	150	100	50

Fonte: Metcalf e Eddy (2002).

A Resolução do CONAMA, n°. 430/2011 e COMDEMA n° 034/2012, dispõem sobre os padrões de qualidade das águas, bem como estabelece as condições para o lançamento de efluentes. Os padrões de lançamento de efluentes em corpos de água doce devem seguir os dados das Tabelas 2.2 e Tabela 2.3 das respectivas resoluções, demonstrada abaixo.

Tabela 2.2 - Padrões de qualidade das águas (CONAMA n° 430/2011).

CONAMA n° 430/2011	
PARÂMETROS	
PH.	Entre 5 e 9.
Temperatura.	< 40 °C.
DBO5, 20.	Até 120 mg/L O2.
DQO.	Sem Referência.
Nitrogênio amoniacal.	20 mg/L.
Sólidos Sedimentáveis.	Até 1 ml/L 1 hora em cone INMHOFF.
Óleos e graxas.	Até 100 mg/L.
Materiais flutuantes.	Ausente.
Nota: Na Demanda Bioquímica de Oxigênio- DBO5, 20o limite só poderá ser ultrapassado no caso de efluente de sistema de tratamento com eficiência de remoção mínima de 60% de DBO, ou mediante estudo de autodepuração do corpo hídrico.	
DBO5, 20.	Até 90 mg./L O2.
DQO.	Até 150 mg/L O2.
Nitrogênio amoniacal.	20 mg/L.
Sólidos Sedimentáveis.	Até 1 ml/L 1 hora em cone INMHOFF.
Nota: Na Demanda Bioquímica de Oxigênio- DBO5, 20 o limite só poderá ser ultrapassado no caso de efluente de sistema de tratamento com eficiência de remoção mínima de 85% de DBO, ou mediante estudo de autodepuração do corpo hídrico.	

Fonte: CONAMA (2011).

Tabela 2.3 – Parâmetros de qualidade das águas (CONDEMA n° 034/2012).

CONDEMA n° 034/12	
PARÂMETROS	
PH.	Entre 5 e 9.
Temperatura.	< 40 °C.
Sólidos em suspensão.	Até 100 mg./L.
DBO ₅ , 20.	Até 90 mg./L O ₂ .
DQO.	Até 150 mg/L O ₂ .
Nitrogênio amoniacal.	20 mg/L.
Sólidos Sedimentáveis.	Até 1 ml/L 1 hora em cone INMHOFF.
Nota: Na Demanda Bioquímica de Oxigênio- DBO ₅ , 20 o limite só poderá ser ultrapassado no caso de efluente de sistema de tratamento com eficiência de remoção mínima de 85% de DBO, ou mediante estudo de autodepuração do corpo hídrico.	

Fonte: CONDEMA (2012).

Os órgãos ambientais da cidade de Manaus, solicitam dos empreendimentos no mínimo, o monitoramento dos seguintes parâmetros de saída do efluente: pH, turbidez, óleos e graxas vegetais, DBO₅, DQO, nitrito, nitrato, sulfito, cloreto, sulfato, sulfeto, fósforo e coliformes termotolerantes e totais.

2.2.1 Parâmetros Físicos

Temperatura

De acordo com Karl e Imhoff (2002), a temperatura influencia tratamentos de natureza biológica, nas operações que ocorre o fenômeno da sedimentação e na transferência de oxigênio. O aumento da temperatura, faz com que a velocidade dos processos de decomposição acelere, a viscosidade diminua melhorando as condições de sedimentação e diminuindo a solubilidade do oxigênio.

Cor e turbidez

Indicam de imediato o estado de decomposição do esgoto, ou seja, servem como indicadores de seu estado de septicidade (JORDÃO; PESSÔA, 1995). Um esgoto com tonalidade branca-acizentada, acompanhada de alguma turbidez, muito provavelmente, é esgoto fresco já com a cor cinza-escura é típica de esgoto séptico e de uma decomposição parcial.

Deve-se distinguir entre a cor aparente e a cor verdadeira. Na primeira pode estar incluída uma parcela devida à presença de sólidos suspensos. Quando esta é removida, obtém-se a cor verdadeira que é atribuída aos sólidos dissolvidos.

A turbidez representa o grau de interferência com a passagem da luz através da água, conferindo uma aparência turva à mesma. Geralmente é causada por uma grande variedade de sólidos em suspensão. Nos esgotos mais frescos ou mais concentrados geralmente a turbidez é maior. De acordo com Jordão e Pessoa (1995) nos esgotos sanitários, a turbidez não é usada como forma de caracterização do esgoto bruto, mas pode ser medida para caracterizar a eficiência do tratamento secundário, uma vez que pode ser relacionada à concentração dos sólidos em suspensão.

Matéria sólida

Segundo Dacach (1991), os sólidos de esgoto classificam-se de acordo com o tamanho de suas partículas, que podem ser minerais ou orgânicas. A presença de sólidos, mesmo em pequenas proporções, assume grande importância sanitária em virtude de seus efeitos nocivos sobre o ambiente. Além disso, são eles que apresentam, dentro das características físicas, a maior importância em termos de dimensionamento e controle de operação das unidades componentes em uma ETE, pois sua remoção determina uma série de operações de tratamento.

Segundo Jordão e Pessoa (2005), os sólidos totais (ST) do esgoto podem ser definidos como a matéria que permanece como resíduo após a evaporação a 103°C. Se este resíduo é calcinado a 600°C, as substâncias orgânicas se volatilizam (sólidos voláteis) e as minerais permanecem sob forma de cinza (sólidos fixos). Os sólidos totais classificam-se também em sólidos suspensos totais (SST) e dissolvidos totais (SDT).

Dacach (1991), denomina os SST como as partículas retidas em papel de filtro que só permita a passagem daquelas com diâmetro inferior a um milésimo de milímetro, e SDT com diâmetro inferior a esse último limite, passando através do filtro.

Existe a fração de sólidos sedimentáveis (SSed) constituída daquele material em suspensão de maior tamanho e de densidade maior que a água, que se deposita quando o sistema está em repouso. O SSed é um dado importante na verificação da necessidade e no dimensionamento de unidades de sedimentação do tratamento de esgotos. O método usualmente empregado para a medição do resíduo sedimentável é o volumétrico do Cone de Imhoff.

Odor

Os odores característicos dos esgotos são causados pelos gases formados no processo de decomposição. Em esgoto fresco há predominância de odor de mofo, razoavelmente suportável, pois os poluentes contidos ainda não entraram em franca decomposição. Já nos esgotos sépticos, o odor tem característica de ovo podre, devido à formação de gás sulfídrico proveniente da decomposição do lodo (JORDÃO; PESSÔA, 1995).

2.2.2 Parâmetros químicos

A composição química é extremamente variável dos esgotos sanitários e suas características são classificadas em dois grupos: da matéria orgânica e da matéria inorgânica. Segundo Von Sperling (2005) os principais constituintes orgânicos são proteínas, açúcares, óleos e gorduras, microrganismos, sais orgânicos e componentes dos produtos saneantes. Já os principais constituintes inorgânicos são sais formados de ânions (cloretos, sulfatos, nitratos, fosfatos) e cátions (sódio, cálcio, potássio, ferro e magnésio).

A matéria inorgânica existente nos esgotos é proveniente de águas de lavagens e mesmo sendo um material inerte, é necessário se ater às possibilidades de entupimento e saturação de filtros e tanques, quando há grande quantidade deste material.

A composição química dos esgotos é determinada principalmente pelos parâmetros: potencial heterogêneo (pH), oxigênio dissolvido (OD), demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO5), óleos e graxas (OG), fósforo total (PT) e nitrogênio (N) em suas diversas formas - nitrogênio Kjeldahl total (NKT), nitrogênio amoniacal (NH_4^+), nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-).

Oxigênio dissolvido:

O oxigênio dissolvido é necessário para respiração de microrganismos aeróbios bem como outras formas aeróbias de vida.

De acordo com Metcalf e Eddy (2002) a quantidade de oxigênio que pode estar presente no esgoto é regulada por vários fatores, tais como: a solubilidade do gás, a pressão parcial do gás na atmosfera, a temperatura e a concentração de impurezas.

Determinação de matéria orgânica:

Para Von Sperling (2005), a DBO é um dos parâmetros de maior importância na caracterização do grau de poluição de um corpo d'água. De acordo com Piveli e Kato (2006) além de ser um parâmetro importante no controle da eficiência das estações de tratamento de esgoto, tanto o tratamentos biológicos aeróbios e anaeróbios, bem como de físico-químicos a DBO é de grande importância nas questões de poluição dos corpos d'água.

Mota (1997) define DBO como sendo a quantidade de oxigênio necessária à oxidação da matéria orgânica, por ação de bactérias aeróbias, representando assim, a quantidade de oxigênio que seria necessário fornecer às bactérias aeróbias, para consumirem a matéria orgânica presente em um líquido (água ou esgoto).

Uma forma de se determinar a matéria orgânica é através das análises de DQO e DBO5, sendo importantes para se conhecer o grau de poluição do esgoto, para se dimensionar as ETEs e medir sua eficiência. A DQO corresponde à quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica de uma amostra que seja oxidável pelo permanganato ou dicromato de potássio em solução ácida, ou seja, por meio de uma reação com oxidantes energéticos (JORDÃO; PESSÔA, 1995).

Braile e Cavalcanti (1993) citam que a quantidade da matéria orgânica obtida por meio da DQO é sobremaneira importante, pois verifica os despejos que contêm substâncias tóxicas à vida.

A DQO leva em consideração qualquer fonte que necessite de oxigênio, seja esta mineral ou orgânica. A rapidez das respostas de DQO (2 horas) também pode ser citada como uma grande vantagem com relação à DBO5 (5 dias). Como desvantagem, pode apresentar a falta de especificação da velocidade com que a bio-oxidação possa ocorrer.

De acordo com Dacach (1991), o valor da DQO supera o da DBO, por ser oxidada pelo dicromato tanto a matéria orgânica putrescível como a não biodegradável. Pelo teste da DBO5 é determinada a quantidade de oxigênio dissolvido consumida por microrganismos durante a degradação da matéria orgânica, que seria extraída de um manancial superficial de água saturado do mesmo gás, se esse manancial viesse a ser poluído pelo esgoto testado.

A DBO5 se processa em dois estágios: um primeiro, em que a matéria arbonácea é oxidada, e um estágio subsequente, em que ocorre uma nitrificação. Para efeito de controle de operação, ou como parâmetro de projeto, usa-se a DBO de cinco dias. Ainda segundo os

autores, além da DBO5 requerer maior tempo de resposta que a DQO, o teste dessa última engloba não somente a demanda de oxigênio satisfeita biologicamente (como a DBO5), mas tudo o que é susceptível de demandas de oxigênio, em particular sais minerais oxidáveis (JORDÃO; PESSÔA, 2005).

Óleos e graxas:

A matéria graxa e os óleos se encontram presentes nos despejos domésticos e sua origem, em geral, se dá pelo uso de manteiga, óleos vegetais, carnes etc. Além disso, podem estar presentes nos despejos produtos não tão comuns como querosenes e óleo lubrificante.

De acordo com Giordano (1999) essas substâncias estão presentes tendo as mais diversas origens. É muito comum a origem nos restaurantes industriais. As oficinas mecânicas, casa de caldeiras, equipamentos que utilizem óleo hidráulico, além de matérias primas com composição oleosa como gordura de origem vegetal, animal e óleos minerais.

São indesejáveis em um sistema de tratamento de esgotos, pois aderem às paredes, produzem odores desagradáveis, além de formarem uma camada de espuma que pode vir a entupir os filtros, prejudicar a vida biológica e trazer problemas de manutenção (JORDÃO; PESSÔA, 1995).

Fósforo total:

O fósforo é fundamental aos processos energéticos dos seres vivos, sendo prejudicial por excesso ou escassez, uma vez que é indispensável aos microrganismos promotores da oxidação bioquímica do esgoto e ao mesmo tempo favorece o desenvolvimento de algas nos corpos d'água receptores (DACACH, 1991).

De acordo com Von Sperling (2005) e Metcalf e Eddy (2002) nos esgotos, o fósforo se apresenta nas seguintes formas: Ortofosfatos: são diretamente disponíveis para o metabolismo biológico, sem necessidade de conversões a formas mais simples. As principais fontes dessa forma são: o solo, detergentes, fertilizantes, despejos industriais e esgotos sanitários. As formas dos ortofosfatos se apresentarem nas águas variam de acordo com o pH; Polifosfatos: são moléculas mais complexas com dois átomos ou mais de fósforo. Os polifosfatos se transformam em ortofosfatos por hidrólise em solução aquosa, esta hidrólise é geralmente lenta; Fósforo orgânico: é normalmente de menor importância nos esgotos sanitários típicos.

Nos sistemas de tratamento e nos corpos receptores sofre conversão em ortofosfatos. A remoção de fósforo nas estações de tratamento, segundo Chernicharo (2001), é muito difícil na maioria dos casos em que não se tem elevada diluição dos esgotos da ETE, mesmo com o uso de tratamento com processos aeróbios convencionais, a não ser que sejam projetadas especificamente

para a sua remoção. Lora (2000) complementa que nos sistemas de tratamentos, os organismos responsáveis pela remoção do fósforo são as cianobactérias, o que possibilita a associação de dois ou mais tipos de tratamentos biológicos.

Os órgãos de controle ambiental têm-se preocupado com o fósforo apenas nos casos em que há problemas de eutrofização dos corpos d'água.

Nitrogênio:

A química do nitrogênio é complexa, devido aos diversos estados de oxidação que o nitrogênio pode assumir na natureza.

Segundo Von Sperling (2005), nos esgotos domésticos, o nitrogênio, é proveniente dos próprios excrementos humanos, mas atualmente têm fontes importantes nos produtos de limpeza domésticos e/ou industriais tais como detergentes e amaciantes de roupas. No esgoto o nitrogênio apresenta-se na forma de nitrogênio orgânico, nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato. De acordo com Dacach (1991), o nitrogênio orgânico das proteínas e aminoácidos, presente no esgoto recente, acaba por converter-se durante a oxidação bioquímica, sucessivamente, em nitrogênio amoniacal, nitritos e nitratos.

Os nitritos são muito instáveis no esgoto e se oxidam facilmente para a forma de nitratos, portanto sua presença indica uma poluição mais antiga. Já os nitratos são a forma final de uma estabilização, e podem ser utilizados por algas e outras plantas para a formação de proteínas, que por sua vez, podem ser utilizados por animais para formar proteína animal (JORDÃO; PESSÔA, 1995).

O nitrogênio, assim como todo o nutriente, pode causar problemas de superprodução de algas nos corpos receptores de ETEs. Esta superprodução é resultado de sistemas de tratamento de esgotos mal projetados e executados que não são capazes de retirar a quantidade necessária de nitrato. A remoção de nitrato em excesso, nos esgotos tratados por processos biológicos, pode ser feita por meio de um tratamento terciário.

2.2.3 Parâmetros biológicos

Para indicar a poluição de origem humana e para medir a grandeza dessa contribuição, utilizam-se como organismos indicadores de poluição do grupo dos coliformes. As bactérias constituem o elemento mais importante do grupo de organismos presentes nos esgotos sanitários, pois são responsáveis pela decomposição e estabilização da matéria orgânica nas

unidades de tratamento biológico e na natureza. As principais bactérias responsáveis na remoção da DBO são as heterotróficas.

Segundo Jordão e Pessoa (1995), as bactérias coliformes são típicas do intestino do homem e de outros animais de sangue quente e ela sozinha não é capaz de transmitir doença, porém se excretada por um indivíduo doente, ela virá acompanhada de um organismo patogênico capaz de trazer doenças de veiculação hídrica.

Para fiscalização dos órgãos ambientais da cidade de Manaus o indicador de matéria orgânica é predominante seguido daqueles com padrões definidos permitindo uma avaliação à base da legislação vigente.

Segundo Von Sperling (1996), os principais parâmetros dos esgotos predominantemente domésticos a merecerem destaque especial face à sua importância são: sólidos, indicadores de matéria orgânica, nitrogênio, fósforo e indicadores de contaminação fecal.

2.3 REQUISITOS LEGAIS

A gestão ambiental, na política pública é materializada através de uma série de leis, decretos, portarias, medidas provisórias etc. que fornecem a estrutura legal para o controle ambiental, já a política privada é usualmente tratada pela série da norma ambiental ISO 14000 (SEIFFERT, 2009).

Os empreendimentos da cidade de Manaus precisam cumprir algumas exigências legais para estabelecer seu funcionamento. Para determinados empreendimentos, não é suficiente sua regularização somente junto à Prefeitura, mas é necessário que o mesmo esteja e seja licenciado junto ao órgão de controle ambiental (SEIFFERT, 2009).

No que tange a legislação referente aos recursos hídricos este estudo limitou-se a mencionar as legislações direcionadas ao objeto de estudo.

2.3.1 Resolução Conama n.º. 377/2006

A Resolução n.º. 377, de 9 de outubro de 2006, dispõe sobre: “Licenciamento ambiental simplificado de esgotamento sanitário”.

Art. 1º - Ficam sujeitos a procedimentos simplificados de licenciamento ambiental as unidades de transporte e de tratamento de esgoto sanitário, separada ou conjuntamente, de pequeno e médio porte.

Art. 2º - Para fins desta Resolução considera-se:

I - unidades de transporte de esgoto de pequeno porte: interceptores, emissários e respectivas estações elevatórias de esgoto com vazão nominal de projeto menor ou igual a 200 l/s;

II - unidades de tratamento de esgoto de pequeno porte: estação de tratamento de esgoto com vazão nominal de projeto menor ou igual a 50 l/s ou com capacidade para atendimento até 30.000 habitantes, a critério do órgão ambiental competente;

III - unidades de transporte de esgoto de médio porte: interceptores, emissários e estações elevatórias de esgoto com vazão nominal de projeto maior do que 200 l/s e menor ou igual a 1.000 l/s;

IV - unidades de tratamento de esgoto de médio porte: estação de tratamento de esgoto com vazão nominal de projeto maior que 50 l/s e menor ou igual a 400 l/s ou com capacidade para atendimento superior a 30.000 e inferior a 250.000 habitantes, a critério do órgão ambiental competente;

V - sistema de esgotamento sanitário: as unidades de coleta, transporte e tratamento de esgoto sanitário; e

VI - Licença Ambiental Única de Instalação e Operação-LIO ou ato administrativo equivalente: ato administrativo único que autoriza a implantação e operação de empreendimento.

2.3.2 Legislação Municipal 1.192/2007

A legislação municipal 1.192 de 31 de dezembro de 2007 cria em Manaus o programa de tratamento e uso racional da água nas edificações (Pró-Água). Este programa visa à preservação, tratamento e uso racional dos recursos hídricos e ainda a utilização de fontes alternativas para captação de água. Esta legislação fornece uma estrutura legal para o controle ambiental e gerenciamento de estação de tratamento de esgoto doméstico quando determina no artigo 7º aos empreendimentos poluidores, privados ou público com mais de 40 usuários

pessoa/dia em área urbana e desprovida do sistema público de esgoto a obrigação de instalação de sistema tratamento de esgoto doméstico.

E ainda descreve em seus artigos as obrigações que devem ser cumpridas pelo empreendimento quanto à instalação do sistema de tratamento de esgoto doméstico e após a instalação.

Para instalação o empreendimento deve escolher o sistema de tratamento de esgoto doméstico que atenda o sistema de tratamento pré-tratamento, tratamento primário, secundário e desinfecção ou outro que atenda aos parâmetros da legislação em vigor. Após a instalação o sistema será avaliado pelo órgão competente quanto a sua adequação e após a liberação o empreendimento passa a realizar atividades relacionadas ao sistema instalado.

- Realizar atividades de Manutenção e Operação do sistema;
- Apresentar bimestralmente os laudos do efluente ao órgão competente de acordo com os parâmetros da legislação vigente;
- Atender os parâmetros de tratamento de efluente e
- Realizar a destinação dos resíduos sólidos oriundos do processo de depuração por empresa com licença na atividade.

2.3.3 Política Nacional dos Recursos Hídricos

A Política Nacional de Recursos Hídricos foi instituída e criada juntamente com o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, fica regulamentado, o inciso XIX do artigo 21º da Constituição Federal, alterou o artigo 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Esta Lei 9.433 de 08 de janeiro de 1997, com destaque ao artigo 2º que cita os objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH/ANA, 2010):

I - assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos;

II - a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável;

III - a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.

Na verdade os instrumentos sobre ETEs no Brasil ficam alocados nas próprias políticas internas federal, estadual e municipal, e a escolha dos processos de tratamento de esgotos depende de uma análise técnica, econômica e ambiental.

Bem como da eficiência de remoção requerida: padrão de lançamento, corpo receptor, enquadramento, reusa em área disponível, geração e disposição final de resíduos, mão de obra para operação, com respectiva qualificação, monitoramentos e controles operacionais requeridos e dos recursos disponíveis (principalmente).

2.3.4 Plano Diretor da Cidade de Manaus

O Plano Diretor da Cidade de Manaus relaciona vários itens direcionados a estações de tratamento de esgoto:

A Lei Complementar Nº 002, de 16 de janeiro de 2014, art. 10 referente ao gerenciamento integrado ambiental, solicita a se fazer cumprir que as indústrias instaladas em Manaus apresentem laudo periódico sobre a qualidade da água despejada nos esgotos públicos e cursos d'água, conforme competência institucional de cada órgão de controle ambiental e também que os empreendimentos potencialmente poluidores instalem Estações de Tratamento de Efluentes, conforme exigência estipulada na Lei nº 1.192, de 31 de dezembro de 2007 (Lei Pró-águas);

A Lei Complementar Nº 003, de 16 de janeiro de 2014, determina no art. 20 que os projetos para edificação devem apresentar esquema geral do esgotamento sanitário.

Também determina que as obras somente serão licenciadas após o cumprimento dos devidos requisitos referente a obras do plano diretor e apresentação dos projetos, incluindo o de estação de tratamento de esgoto.

2.4. ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTE

“Unidade ou estrutura projetada com o objetivo de tratar esgotos, no qual o homem, através de processos físicos, químicos, e/ou biológicos, simula ou intensifica as condições de autodepuração que ocorrem na natureza, mas dentro de uma área delimitada, onde supervisiona e exerce algum controle sobre os processos de

depuração, antes de devolver o esgoto tratado ao meio ambiente” (LA RAVORE, 2002).

Conforme Sobrinho e Tsutiya (2000), os sistemas de esgotamento sanitário devem ser projetados para um horizonte de projeto de 20 (vinte) anos e devem ser justificados em casos excepcionais. Rodrigues (2007) cita, que este período é geralmente subdividido em etapas de projeto conforme a vida útil das estruturas e dos equipamentos, as condições de financiamento da obra, a flexibilidade para futuras ampliações do sistema, entre outros fatores preponderantes.

Segundo Von Sperling e Chernicharo (1996), apud La Ravore (2002), deve-se entender a estação de tratamento de esgotos como uma indústria, transformando uma matéria-prima (esgoto bruto) em um produto final (esgoto tratado).

A estação de tratamento de esgoto doméstico tem como um dos principais objetivos reduzir a carga contaminante ou poluente dos esgotos, em um nível que seja compatível com o corpo receptor, de modo que o efluente final possa ser absorvido sem causar a degradação do corpo d' água receptor e riscos à saúde humana (JORDÃO; PESSÔA, 1995).

De acordo com Von Sperling (1996), é possível tratar os esgotos a qualquer grau que se deseje para torná-lo utilizável para qualquer fim. A eficiência do tratamento é a porcentagem removida de determinados poluentes no tratamento ou em uma de suas fases.

Segundo Braga e Hespanhol (2003), as estações de tratamento devem funcionar de maneira correta e adequada a cada tipo de efluente, para não acarretar baixa eficiência na redução de matéria e conseqüentemente problemas do ponto de vista social e ambiental. A remoção dos poluentes no tratamento do esgoto doméstico é realizada de maneira a adaptar o lançamento a uma qualidade desejada ou padrão de qualidade vigente, estando associada ao conceito nível e eficiência do tratamento (BRAGA; HESPANHOL, 2003).

2.5 NÍVEIS DE TRATAMENTO

Usualmente, consideram-se os níveis preliminar, primário, secundário e terciário no tratamento de esgotos doméstico (JORDÃO; PESSÔA, 1995). Segundo Viterbo (1998), o tratamento de efluentes pode ser: primário, secundário e terciário.

Segundo Von Sperling (1996), são necessários vários processos de tratamento de um efluente para o seu enquadramento dentro dos padrões estabelecidos pela legislação ambiental, estando associado aos conceitos de nível de tratamento e eficiência do tratamento.

2.5.1 Tratamento preliminar

Tem por objetivo a remoção de sólidos grosseiros e de areias, através de mecanismos físicos (gradeamento, sedimentação e outros). A remoção dos sólidos grosseiros facilita o transporte da carga orgânica de uma forma mais líquida pelas bombas e tubulações evitando assim obstruções e danificações e proporciona um melhor desempenho no tratamento dos processos subsequentes.

Normalmente inclui-se, também, uma unidade para a medição de vazão, usualmente constituída por uma calha de dimensões padronizadas, calha Parshall, ou vertedores, que permitem a correlação entre o nível do líquido e a vazão de esgotos que chegam à ETE.

2.5.2 Tratamento Primário

Destina-se à remoção de sólidos em suspensão sedimentáveis e sólidos flutuantes, predominando os mecanismos físicos. Os efluentes, após passarem pelas unidades de tratamento preliminar, contêm, ainda, os sólidos em suspensão não grosseiros, os quais podem ser parcialmente removidos em unidades de sedimentação.

Os tanques de decantação podem ser circulares ou retangulares, onde os esgotos fluem vagarosamente através dos decantadores, permitindo a que os sólidos em suspensão, possuindo uma densidade maior do que a do líquido circundante sedimente gradualmente no fundo, formando o lodo primário bruto.

2.5.3 Tratamento Secundário

Neste processo estão presentes os mecanismos físicos, mas predominam os mecanismos biológicos, com o objetivo de remoção da matéria orgânica, que se apresenta na forma de matéria orgânica dissolvida (DBO solúvel ou filtrada) e matéria orgânica em suspensão (DBO suspensa ou particulada), cujos sólidos de sedimentabilidade mais lenta persistem no esgoto. Os índices de remoção da DBO e dos coliformes são em torno de 60 a 99%, podendo, eventualmente remover algumas quantidades de nutrientes (nitrogênio e

fósforo), uma gama de microrganismos toma parte neste processo: bactérias, protozoários, fungos e outros.

A base do processo é o contato efetivo entre os microrganismos e o material orgânico contido nos esgotos, de tal forma que esse possa ser utilizado como alimento pelos microrganismos, que convertem a matéria orgânica em gás carbônico água e material celular (crescimento e reprodução dos microrganismos).

2.5.4 Tratamento Terciário

Segundo Von Sperling (2005), o tratamento terciário é pouco comum no Brasil e tem como finalidade a remoção de nutrientes (nitrogênio e fósforo) para os esgotos sanitários ou de poluentes específicos (tóxicos ou não biodegradáveis) no caso dos esgotos industriais ou ainda, a remoção complementar de poluentes não suficientemente removidos no tratamento secundário.

Os processos mais utilizados são: cloração para desinfecção; ozonização para desinfecção e/ou remoção de substâncias orgânicas complexas; filtração rápida para remoção de matéria em suspensão; adsorção para remoção de substâncias orgânicas complexas; eletrodialise; osmose inversa ou troca iônica para remoção dos sólidos inorgânicos dissolvidos.

2.6 ESTUDO DA EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO

A remoção dos poluentes no tratamento do esgoto doméstico é realizada de maneira a adaptar o lançamento a uma qualidade desejada ou padrão de qualidade vigente, estando associada ao conceito nível e eficiência do tratamento (BRAGA; HESPANHOL, 2003).

Para Von Sperling (1996), pode-se comparar a eficiência de cada instalação de tratamento, indicando em porcentagem a redução das impurezas do efluente em comparação com as do afluente. Para se determinar esse grau de eficiência utiliza-se a seguinte fórmula:

$$E = \frac{C_a - C_e}{C_a} \cdot 100$$

onde:

E = eficiência da remoção (%).

Ca = concentração afluyente do poluente (mg/l).

Ce = concentração efluente do poluente (mg/l).

Quando se pretende mensurar a eficiência ou o grau de depuração de qualquer processo de tratamento, deve se levar em consideração os problemas que podem ocorrer como as falhas na operação e manutenção da estação de tratamento. Porém as estações de tratamento de esgoto doméstico devem não apenas ser eficientes, como também deve atender as legislações vigentes de meio ambiente (KARL, KLAUS e IMHOFF, 1986).

O teste de DBO nos esgoto brutos e no efluente final é um excelente indicador da eficiência da Estação de Tratamento de Esgotos assim como o DQO que é muito próximo ao valor de DBO e podendo substituí-lo nas análises de rotina do caso de esgoto doméstico (LA RAVORE, 2002).

Então, podemos dizer que um sistema de tratamento de efluentes obteve um desempenho eficiente de tratamento quando os parâmetros medidos atendem os padrões de lançamento de efluentes da legislação vigente. Caso o resultado seja negativo é necessário reavaliar se houve falhas de operação e manutenção.

2.7 CONTROLE OPERACIONAL

Um sistema de tratamento de esgoto é constituído de vários níveis de tratamento que precisam ser bem operados para garantir o objetivo do tratamento. De acordo com Regesa, (2008) o tratamento de esgoto tem como objetivo a proteção à saúde da população e preservação do meio ambiente.

As práticas de operação e manutenção aqui descritas serão baseadas nos níveis de tratamento da ETE objeto de estudo tomando como base as orientações referenciadas em FEAM (2006), e REGESA (2008).

As principais atividades de controle operacional de sistemas de tratamento são:

Operação: refere-se às atividades cotidianas ou periódicas necessárias para assegurar um bom e estável desempenho do sistema de tratamento.

Manutenção: refere-se às atividades para manter as estruturas na planta de tratamento em boas condições.

Informação: refere à comunicação, de preferência por escrito, entre as diferentes pessoas envolvidas, criando-se, ao mesmo tempo, um arquivo da operação e manutenção do sistema de tratamento, é o que podemos chamar de controle gerencial.

Para manter a eficiência de uma ETE são necessários que procedimentos de operação e manutenção sejam realizados como forma de garantir o seu funcionamento na condição em que foi licenciada pelo órgão ambiental. O gerenciamento da operação depende de um fluxo adequado de informações sobre todos os aspectos do controle operacional da ETE, o qual permite o estabelecimento de estratégias, procedimentos operacionais, ações de manutenção e, eventualmente, alterações no sistema de tratamento.

Podemos citar como principais procedimentos de operação e manutenção o manejo e disposição dos sólidos e lodo gerado nos níveis de tratamento como ainda o monitoramento do efluente na saída do tratamento.

Os relatórios analíticos gerados servem como base e informação para o órgão ambiental das condições de operação e da eficiência alcançada (FEAM, 2006).

Antes de iniciar as atividades de operação é importante que os riscos operacionais sejam evitados através do uso de equipamento de proteção individual (EPI) como uniformes adequados, luvas, botas de borracha, capacete etc. Segundo Feam, (2006) é fundamental que a operação adequada e a manutenção periódica estejam sempre presentes com objetivo de garantir a função de melhoria na qualidade ambiental e dos recursos públicos aplicados. Para isso alguns requisitos são recomendáveis:

A ETE deve contar com um técnico responsável pela operação e acompanhamento do programa de monitoramento e presente ao empreendimento a Anotação de Responsabilidade Técnica - ART, referente à supervisão técnica do local e a permanência de um encarregado devidamente treinado e capacitado para o controle operacional da unidade.

2.7.1 Práticas de Manutenção na ETE:

- Higienizar diariamente a unidade: limpeza do chão e das paredes da casa do operador, dos equipamentos de laboratório e, principalmente, das instalações sanitárias;
- Capinar a área para manutenção da limpeza e paisagismo;

- Limpar e desobstruir as canaletas de drenagem de água de chuva; realizar a manutenção da cerca do entorno da estação, evitando o acesso de pessoas não-autorizadas e animais;
- Limpar as vias de acesso ao corpo receptor e do local de lançamento;
- Proteger as tubulações e o ponto de lançamento do efluente tratado;
- Lavar as ferramentas - pás, enxadas, picaretas, rastelos, etc., em água limpa, não podendo ser guardadas ou utilizadas, mesmo em caráter de urgência, antes desse procedimento;
- Medir a vazão de entrada e saída durante o tratamento. O operador deverá fazer leituras horário-diárias e anotar os valores na Ficha Diária de Controle Operacional.

2.7.2 Prática operacional no tratamento preliminar

a) Gradeamento

O gradeamento é uma operação pela qual o material flutuante e a matéria em suspensão, que for maior em tamanho que as aberturas das grades, são retidas e removidas. A remoção prévia de sólidos grosseiros e de areia é necessária para proteger as unidades de tratamento seguintes, como também as bombas e as tubulações. O gradeamento pode ser manual (Figura 2.1) ou mecânico (Figura 2.2)



Figura 2.1 - Grade de limpeza manual e
Fonte: FEAM (2006).

Figura 2.2 - Grade de limpeza mecanizada

Para limpeza do gradeamento manual deve-se:

- As ferramentas necessárias são: rastelo, pá, carrinho de mão, balde, mangueira, saco plástico, arame e formulários de controle.
- Remover o material retido usando o rastelo, com o devido cuidado, de forma a evitar a entrada de sólidos grosseiros no sistema e o contato direto com o material removido.
- Depositar o material removido em vasilhame devidamente protegido e que permita a medição do volume depositado, posteriormente, limpar a grade com jato de água.
- Ao fim do turno, medir o volume do material retirado e anotá-lo em formulário apropriado, em seguida, ensacar o material para ser encaminhado ao aterro sanitário.

Na limpeza mecanizada deve-se

- Verificar o correto posicionamento da caçamba estacionada para receber os detritos removidos pelas grades.
- Inspeccionar o correto espaçamento e paralelismo das barras.
- Por meio do painel de controle, selecionar as grades que devem estar em operação.
- Vistoriar o funcionamento do braço raspador, sua correta parada após o rastelamento e o mecanismo de autolimpeza.
- Detectar ruídos estranhos nos mecanismos móveis, como motores, redutores e mancais de rolamento.
- Verificar se as partes móveis encontram-se devidamente lubrificadas.
- Verificar, diariamente, se o rastelo automático das grades finas está funcionando.
- Verificar o nível de enchimento da caçamba. Quando a capacidade da caçamba estiver quase se esgotando, transportá-la até o local de disposição final.
- Ao final de cada jornada, recobrir o material depositado com uma camada inerte (solo, entulho etc.).
- Na ocorrência de qualquer anormalidade de funcionamento, o operador deverá desligar o equipamento com defeito e comunicar o fato ao responsável pela equipe de manutenção.

b) Estações Elevatórias:

As estações elevatórias, Figura 2.3, devem ser utilizadas nos trechos em que, por razões técnicas e econômicas, o esgotamento por gravidade não se mostrar possível. Tais instalações exigem manutenção permanente e cuidadosa.



Figura 2.3 – Sistemas de elevatória
Fonte: FEAM (2006).

Como rotina de operação segue:

- Verificar o funcionamento dos conjuntos elevatórios; se houver alguma anormalidade, providenciar os reparos;
- Fazer a manutenção periódica das bombas, sempre deixando uma de reserva;
- Alternar a utilização das bombas, no caso de bomba reserva, não deixando equipamentos parados por longos períodos;
- Manter a bomba em funcionamento periódico, evitando grandes períodos de paralisação de alimentação da ETE;
- Acompanhar a emanção de odores e providenciar medidas de minimização de impacto, principalmente, em caso de proximidade de núcleos populacionais.

2.7.3 Prática operacional no tratamento Primário

a) Tanque de Equalização ou sedimentação primária

Nesta etapa ocorre o tratamento através da decantação dos sólidos em suspensão os esgotos escoam vagarosamente, permitindo que os sólidos em suspensão sedimentem-se no fundo de forma gradual. Deve-se remover o lodo digerido no fundo do tanque a intervalos pré-determinados e realizar a disposição para o tratamento adequado. Dependendo da configuração da ETE, estes tanques podem ser unificados junto ao tanque do tratamento secundário como também pode ser separado na quantidade necessária para atender o projeto, a configuração geralmente é na forma retangular ou circular.

2.7.4 Prática operacional no tratamento biológico ou secundário

A maior parte dos poluentes orgânicos (DBO e DQO) é removida nas unidades do tratamento biológico, cujo desempenho depende da manutenção de condições adequadas à atuação da biomassa. Dessa forma, as atividades de manutenção e operação dessas unidades são essenciais para o alcance dos objetivos do tratamento. A entrada e a acumulação de sólidos indesejáveis nas unidades de tratamento biológico são altamente prejudiciais ao desempenho do tratamento, quer sejam eles sólidos grosseiros ou areia.

No tratamento secundário, a operação principal é o monitoramento da eficiência que permite estabelecer o comportamento histórico da unidade e avaliar se o seu desempenho está de acordo com as especificações do projeto e com a legislação ambiental. A retirada de lodo sedimentada no fundo do reator também deve ser removida e dada disposição adequada.

2.8 PRINCIPAIS PROCESSOS DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Os principais processos utilizados para tratamento nas estações de esgotos são classificados em sistemas anaeróbios, sistemas aeróbios com biofilmes, sistemas de lodos ativados e variantes, lagoas de estabilização e variantes e processos de disposição controlada no solo (VON SPERLING, 2005).

a) Sistemas Anaeróbios: os sistemas anaeróbios apresentam, como uma das principais características, a estabilização da matéria orgânica, anaerobicamente, sem a presença de oxigênio, por meio de bactérias aderidas em um meio de suporte, pedras, plásticos, no interior do reator. Há três tipos bastante comuns, o tanque séptico, o filtro anaeróbio e o reator UASB.

b) Sistemas aeróbios, com biofilme: neste sistema, conforme exemplo figura Y a matéria orgânica é estabilizada aerobicamente, através de bactérias que apresentam capacidade de aderência a um meio de suporte inerte, podendo ser classificados em percoladores de baixa e de alta carga. O esgoto é aplicado na superfície do tanque, ficando a matéria orgânica retida pelas bactérias, ao percolar em sentido descendente, pelos espaços vazios existentes no meio de suporte. No meio de suporte, há espaços livres, formando vazios, o que permite a circulação de ar no processo. As variantes para este sistema são: Filtros biológicos percoladores de baixa carga; Filtros biológicos percoladores de alta carga; Biofiltros aeradores submersos; biodisco e variantes.

c) Sistemas de lodos ativados: neste processo, a estabilização da matéria orgânica é realizada aerobicamente, através da introdução de oxigênio, por meio de equipamentos. O princípio dos lodos ativados baseia-se no aumento da concentração da biomassa em suspensão no meio líquido, isto é, quanto mais bactéria houver em suspensão, maior será a assimilação da matéria orgânica presente no esgoto bruto. Estes sistemas têm alta eficiência na remoção da DBO, baixos requisitos de área, porém elevados custos de implantação, operação e consumo de energia. As variantes para lodos ativados são: Lodo ativado convencional aeração prolongada e fluxo intermitente.

d) Lagoas de estabilização e variantes: são sistemas de tratamento biológico, em que a estabilização da matéria orgânica é realizada pela oxidação bacteriológica (oxidação aeróbia ou fermentação anaeróbia) e/ou redução fotossintética das algas (JORDÃO; PESSÔA, 2005). As lagoas de estabilização são unidades especialmente projetadas, construídas e operadas com a finalidade de tratar esgotos (VON SPERLING, 2005). As lagoas de estabilização podem ser classificadas em anaeróbias, facultativas e de maturação, ou aeróbias, conforme as atividades metabólicas predominante na degradação da matéria orgânica;

e) Disposição controlada no solo: a aplicação dos esgotos no solo pode ser uma forma de disposição final ou tratamento, ou ambas. Uma fração das águas dos esgotos dispostos no solo incorpora-se às plantas e ao próprio solo, umedecendo-o; a parte excedente, geralmente a maior, é encaminhada à recarga do lençol subterrâneo e à evapotranspiração (disposição final) ou, finalmente, escoar até um corpo hídrico. Conforme Andrade Neto (1997) os métodos mais utilizados de disposição de efluentes no solo são: infiltração-percolação, escoamento superficial e irrigação.

Os processos biológicos de tratamento de águas residuárias encontram-se atualmente bastante desenvolvidos, permitindo o tratamento de uma larga variedade de efluentes industriais e domésticos. Uma das maiores contribuições para essa evolução foi o desenvolvimento de processos que utilizam biofilmes suportados em materiais inertes, aqui denominado Reator Biológico com Leito Móvel, usualmente conhecido como MBBR, sigla que expressa o termo inglês: Moving Bed Biofilm Reactor (MINEGATTI, 2008).

2.8 PROCESSOS UTILIZADOS NO TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO & INOVAÇÕES.

O sistema de lodos ativados é atualmente dentro dos sistemas convencionais o mais utilizado para o tratamento de esgoto doméstico e industrial. Este processo consiste basicamente em duas etapas: a primeira com um sistema de aeração a segunda com um decantador secundário e a utilização de Carries ou meio suportes plástico

À medida que as necessidades de remoção de nutrientes como nitrogênio e fósforo foram surgindo os sistemas de lodo ativados foram se readequando e demandando mais espaço na planta para abrigar os tanques de remoção de carga orgânica, nitrogênio e fósforo e os tanques de decantação para efetuar a separação entre a biomassa e a corrente líquida.

Segundo Bassin (2012), diversos sistemas biológicos compactos, foram desenvolvidos ao longo dos anos, almejando superar certas limitações intrínsecas dos sistemas convencionais.

E ainda, segundo o mesmo autor, facilitar a retenção de biomassa no intuito de aumentar a capacidade de tratamento é uma das características comum aos sistemas compactos, que, em sua grande maioria, se baseiam no uso de biofilmes. Alguns dos principais sistemas compactos empregados no tratamento de águas residuárias são:

- Reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo (UASB - Upflow Anaerobic Sludge Blanket) e reator de leito de lodo expandido (EGSB - Expanded Granular Sludge Blanket);
- Filtros biológicos aerados (BAF – Biological Aerated Filters);
- Contactores biológicos rotativos (RBC – Rotating Biological Contactors);
- Reatores airlift com biofilme em suspensão (BAS - Biofilm Airlift Suspension reactors);
- Bioreatores com membranas (MBR – Membrane Reactors);
- Reator em batelada sequencial (SBR - Sequencing batch reactor);
- Reatores de leito móvel com biofilme (MBBR – Moving-bed biofilm reactor);

- Lodo granular aeróbio (AGS – Aerobic granular sludge).

Sendo a tecnologia de reatores de leito móvel com biofilme MBBR aplicada a estação de tratamento objeto de estudo, a abordagem ficará limitada somente a este assunto.

2.8.1 Reatores de leito móvel com biofilme (MBBR – Moving-bed biofilm reactor)

O MBBR foi desenvolvido na Noruega no final dos anos 80 e início dos anos 90 (European Patent n.º. 0, 575, 314, US Patent n.º. 5, 458, 779), e vem se tornando uma tecnologia promissora comercialmente, visto que existem mais de 400 plantas de tratamento de águas residuárias de grande escala presentes em 22 países, que empregam esta tecnologia (RUSTEN *et. al.*, 2006).

Ainda segundo o mesmo autor, o desenvolvimento do processo MBBR esteve diretamente relacionado à ideia de congregar, em um único sistema, as melhores características do processo de lodo ativado e as melhores características do processo com biofilme, deixando de lado as características indesejáveis de cada processo.

Segundo Degaard *et. al.* (2004), avaliando o desempenho de algumas plantas MBBR para tratamento de efluentes domésticos e industriais, verificaram uma excelente remoção da carga orgânica, mesmo quando as unidades foram operadas com altas cargas orgânicas e efluentes com altas concentrações.

No interior do reator MBBR são introduzidos meios suporte (carriers) conforme Figura 2.4, é utilizado para a adesão de microrganismos decompositores, formando assim o biofilme. Esse meio de suporte é mantido em suspensão através de agitação realizada pelo sistema de aeração, Figura 2.4, que são bolhas grossas ou médias que favorecem a absorção de oxigênio por meio da quebra dessas bolhas em bolhas finas, ação que proporciona elevada mobilidade aos meios de suporte, e, conseqüentemente, exposição, e contato, com a massa líquida em suspensão (MINEGATTI, 2008).

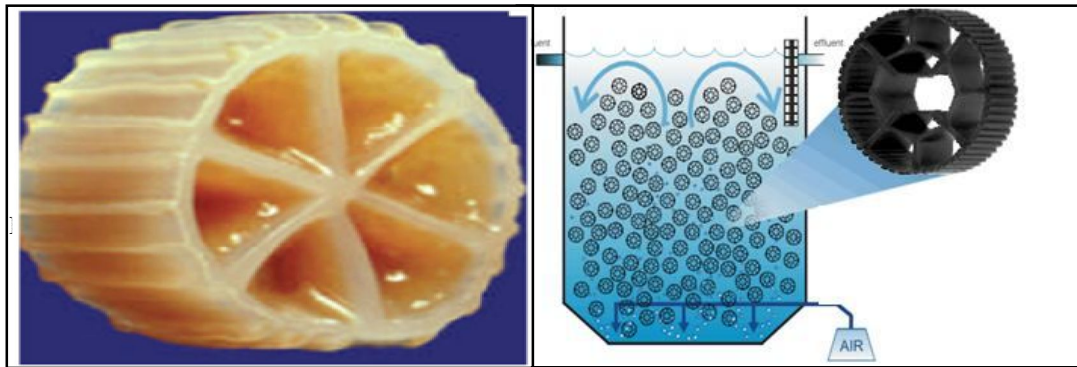


Figura 2.4 – Carriers ou meio suportes plástico
Fonte: MARTINS, A. G. (2013).



Figura 2.5 – Processo de aeração com MBBR
Fonte: MARTINS, A. G. (2013).

ETEs utilizando reatores com biofilme de última geração são compactas, passíveis de inserção em ambiente urbano com impactos relativamente baixos (ROGALLA *et. al.*, 1992) e, sobretudo, altamente resistentes aos choques de carga orgânica, de temperatura e de toxicidade (ARVIN & HARREMOES, 1991).

Sistema de tratamento baseados em biofilmes tem muitas vantagens em relação aos sistemas tradicionais como, por exemplo, (O' REILLY *et. al.*, 2008):

- Baixo requerimento de energia;
- Operação simples e com menor manutenção de equipamentos;
- Unidades compactas em virtude da alta área superficial do biofilme;

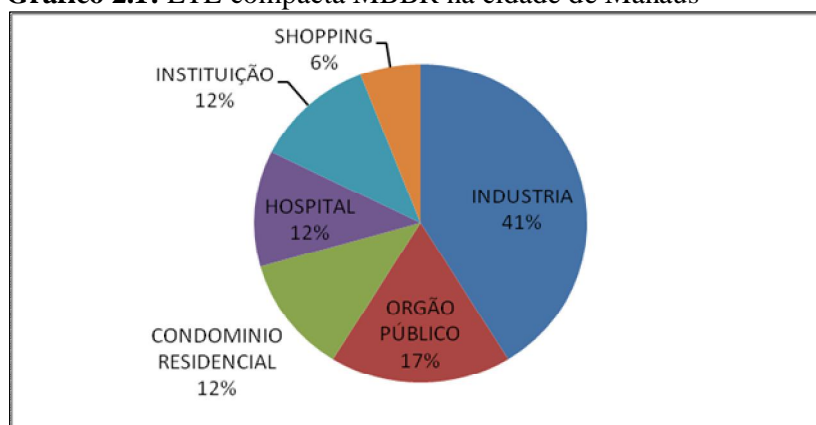
- Taxas volumétricas de carregamento maiores;
- Permite a coexistência de microrganismos aeróbios, anóxicos e anaeróbios no mesmo ecossistema;
- Baixa sensibilidade e boa recuperação a choques de carregamento.

2.9 PERFIL DA ESTAÇÃO COMPACTA DE TRATAMENTO OBJETO DE ESTUDO

Trata-se de uma estação compacta onde o tratamento biológico é realizado por Biodegradação aeróbia com crescimento microbiológico aderido através de Leito Móvel (MBBR – Moving Bed Bio Reactor) e sedimentação secundária através de placas lamelares, constando de três Módulos integrados no mesmo Skid/equipamento (dois Bioreatores e Sedimentação secundária). Os suportes plásticos chamados biomídias flutuam livremente nos bioreatores oferecendo uma área de contato de $500\text{m}^2/\text{m}^3$ do bioreator. A aeração é realizada pelo sistema de distribuição de ar através de tubos de aço inoxidável (bolhas grossas- coarse bubble).

Podem ser aplicadas para tratar os esgotos de residências, condomínios residenciais, shopping centers, hospitais, indústrias com efluentes orgânicos, restaurantes e etc. Na cidade de Manaus conforme dados no gráfico 2.1, a adoção deste tipo de ETE é predominante nas indústrias com 41% e segundo informações da consultoria ambiental vem ganhando mercado nos demais ramos de atividades após a determinação da legislação municipal 1192/2007.

Gráfico 2.1: ETE compacta MBBR na cidade de Manaus



Fonte: Consultoria ambiental (2013).

Foi projetada para o atendimento da legislação CONAMA no 357/05 alterada parcialmente pela resolução CONAMA no 430/11 com eficiência de remoção de DBO de 80

a 85%. A estrutura projetada considerando alimentação do efluente por gravidade ou elevatória possui:

- Base de concreto para suportar o peso do equipamento em operação 3ton/m²;
- Tanque de Pré-sedimentação / equalização feito em concreto ou resina Isoftálica acima ou abaixo do nível do solo;
- Cobertura opcional em caso de instalação externa da estação Compacta.

As principais características são tempo de detenção hidráulica de duas horas, estabilidade operacional, simplicidade de controle da planta, intensa atividade biológica, alto tempo de retenção celular e alta concentração de biossólidos, grande remoção de carga orgânica e carga nitrogenada. Sendo os principais benefícios:

- Maior resistência a sobrecargas hidráulicas e de cargas orgânicas quando comparado a lodos ativados e sistemas anaeróbios;
- Menor área ocupada por metro cúbico tratado;
- Custo de implantação e instalação reduzidas;
- Aumento de capacidade de forma modular, simples e rápida.
- Simplicidade de operação e menor custo operacional (Skid Plug & Play):
- 01 operador, meio período, sem especialização;
- Não necessita de produtos químicos.
- Baixa geração de lodo (80% menor);
- Não gera odores;
- Baixo consumo de energia.

Alguns requisitos de projeto devem ser atendidos:

a) Requisitos de recebimento do esgoto e de disposição do efluente

O recebimento do esgoto doméstico deverá passar por gradeamento manual ou automático, dependendo do projeto, anteriormente a entrada no tanque de Pré-sedimentação/equalização. Os efluentes oriundos de Copa/cozinha deverão passar por Separadores de óleos e graxas. A disposição do efluente poderá ser feito por gravidade ou elevatória após a Estação compacta diretamente nos corpos d'água classe II, com ou sem cloração posterior, dependendo dos requisitos de projeto.

b) Requisitos de operação e manutenção

As Estações Compactas devido à simplicidade de controle e estabilidade operacional necessitam de um operador com conhecimentos básicos do sistema de tratamento, para limpeza do gradeamento e verificação de rotinas de manutenção (ruídos e aquecimento elétricos/ mecânicos) com duração de 2 à 3hs/dia. Não necessitam de controle laboratorial para operação da planta, como Idade do Lodo, SSVTA e outros parâmetros de controle por lodos ativado convencional. A Remoção do lodo e gordura estabilizados deve ser realizada a cada 60 ou 90 dias.

c) Requisitos de desidratação e de disposição do lodo

A produção e a qualidade do lodo gerado no processo são de 0,20 litros de lodo úmido/pessoa/dia, concentração de sólidos 4% a 6% devido à maior compactação dos níveis inferiores de lodo no tanque de pré-sedimentação. O lodo poderá ser desidratado localmente através de Filtro prensa, leito de secagem ou enviado através de caminhão Limpa Fossa para uma Estação de tratamento de esgoto municipal.

CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA

3.1 Material e Método

A pesquisa foi realizada nos período de maio à dezembro de 2013 em três estações de tratamento de esgoto doméstico (ETE's), localizadas na cidade de Manaus, nomeadas neste estudo como ETE (A) instalada em uma indústria do PIM, ETE (B) instalada em uma instituição educacional e ETE (C) instalada em um órgão público.

Todos os dados deste estudo foram fornecidos por uma consultoria ambiental responsável por gerenciar as ETE's de cada empreendimento. Não foi autorizado informar o nome da consultoria e dos empreendimentos onde estão instaladas as ETEs e qualquer dado característico. Apenas foi permitido mencionar o ramo da atividade.

Isto não foi considerado um problema, pois os dados relevantes para o desenvolvimento deste estudo foram fornecidos sem comprometer os participantes indiretos.

A decisão para escolha das ETE's como universo da pesquisa teve como motivação os seguintes requisitos:

- a) São compostas pela mesma tecnologia e sistema de tratamento o que facilita a pesquisa.
- b) De acordo com o engenheiro da consultoria, a tecnologia MBBR das ETE's faz parte do grupo das tecnologias atuais no mercado de tratamento de esgoto doméstico e industrial. São eficientes no tratamento de esgoto doméstico para locais com área limitada.
- c) A consultoria foi treinada pelo fabricante para operação deste tipo de sistema de tratamento e dispõe de material técnico documental assim como dos registros de operação e manutenção.

A escolha de três ETEs não tem pretensão comparativa entre melhor ou pior e sim de poder explorar um maior número de dados e situações diferenciadas, principalmente sobre aos problemas de operação e manutenção. A comparação pode ocorrer quando se pretender clarear ou justificar uma situação

3.2 Instrumentos e Procedimentos

Foram utilizados os seguintes instrumentos e procedimentos para obtenção dos resultados deste estudo:

- Memorial Descritivo da ETE: através deste documento foram levantados os dados técnicos e a descrição do processo de tratamento de esgoto doméstico realizado.
- Relatórios de resultados de ensaios analíticos, das amostras de entrada do esgoto bruto e saída do esgoto tratado, aplicados com a metodologia descrita pelo Standart Methods (APHA, 1998): para determinação da eficiência utilizou-se a média dos resultados apresentados nos relatórios de ensaios analíticos do parâmetro de demanda bioquímica de oxigênio - DBO.
- Registros mensais de operação e manutenção: Através dos registros mensais de operação e manutenção foi possível levantar as atividades realizadas no ano de 2013 e também os problemas relacionados. Com objetivo de levantar uma amostra maior de problemas foram analisados os registros de 2011 a 2013 das ETEs
- Visita in loco: Através da visita foi possível visualizar o processo de tratamento descrito no memorial descritivo e as práticas de operação e manutenção realizadas, elucidados também pelas explicações do engenheiro ambiental. As visitas foram realizadas somente uma vez nas ETE's localizadas na indústria e entidade educacional.

A escolha de avaliar somente o parâmetro de DBO teve como base, algumas citações do referencial teórico. Segundo La Ravore (2002), a DBO é considerada como excelente indicador de eficiência de entrada do esgoto bruto e saída do efluente final. Já Mota (1997), define DBO como sendo a quantidade de oxigênio necessária à oxidação da matéria orgânica, por ação de bactérias aeróbias, representando assim, a quantidade de oxigênio que seria necessário fornecer às bactérias aeróbias, para consumirem a matéria orgânica presente em um líquido (água ou esgoto). Para Von Sperling (2005), a DBO é um dos parâmetros de maior importância na caracterização do grau de poluição de um corpo d'água. De acordo com Piveli

e Kato (2006) além de ser um parâmetro importante no controle da eficiência das estações de tratamento de esgoto, tanto o tratamentos biológicos aeróbios e anaeróbios, bem como de físico-químicos a DBO é de grande importância nas questões de poluição dos corpos d'água.

CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Características das estações de tratamento de esgoto ETEs.

As estações de tratamento de efluentes domésticos ETE (A) - Figura 4.1; ETE (B) – Figura 4.2 e ETE (C) – Figura 4.3, são do mesmo fabricante e tecnologia e apresentam as seguintes características conforme Quadro 4.1



Figura 4.1 - ETE A
Fonte: MARTINS, A. G. (2013).



Figura 4.2 - ETE B
Fonte: MARTINS, A. G. (2013).



Figura 4.3 - ETE C
Fonte: MARTINS, A. G. (2013).

Quadro 4.1 – Características das ETEs

DESCRIÇÃO	ETE (A)	ETE (B)	ETE (C)
Tipo de Estação de Tratamento.	Estação compacta compondo a tecnologia (MBBR) para tratamento de efluentes sanitários.		
Tipo de Tratamento.	Processos de biodegração aeróbia (presença de oxigênio) através de Leito Móvel (<i>Moving Bed</i>) por aeração contínua dos reatores, através de compressores radiais (soprador) e sedimentação capazes de alcançar altas eficiências volumétricas.		
Vazão	180m ³ /dia	180m ³ /dia	45m ³ /dia
Eficiência de DBO projetada.	As ETEs foram projetadas para atenderem os parâmetros de lançamento de efluentes da legislação Conama 430/11 com eficiência de DBO: 80% a 85% para sistemas com 2 biorreatores.		
Localização	Indústria	Instituição educacional	Órgão público
Fonte geradora de esgoto doméstico.	Cozinha Industrial Banheiros Limpeza da área	Cozinha Banheiros Limpeza da área	Banheiros Limpeza da área.
Demanda de Tratamento de esgoto.	24h com maior demanda nos três turnos de trabalho, com maior pico no horário do café, almoço e jantar	24h, com maior demanda no horário comercial com maior pico no horário do almoço e lanche.	24h, com maior demanda no horário da manhã. Os picos podem ser variáveis.
População.	2000 pessoas	2000 pessoas	600 pessoas
Responsável pela operação e manutenção.	Serviço terceirizado de consultoria ambiental.		

Fonte: MARTINS, A. G. (2013).

Conforme avaliação do projeto, cada ETE pode apresentar configurações diferenciadas determinadas por seus elementos, por exemplo, modelo do tanque, quantidade e posição dos tanques, quantidade de bombas, necessidade de caixa de gordura e etc. O Quadro 4.2 apresenta a configuração dos níveis de tratamento de cada ETE.

Quadro 4.2: Níveis de tratamento da ETEs e seus elementos.

ITENS	ETE (A)	ETE (B)	ETE (C)
Preliminar.	Aplicável para as três ETEs		
Gradeamento.	Aplicável para as três ETEs		
Caixa de Gordura ou API.	Aplicável	Aplicável	Não aplicável
Elevatória.	Qtd de 2 bombas submersas ativas e 2 de reserva para realizar o recalque do efluente para o tanque de decantação	Com 1 bomba Submersas ativa e 1 reserva.	Com 1 bomba Submersas ativa e 1 reserva.
Tanque de Acúmulo.	Aplicável para as três ETEs		
Primário.	Aplicável para as três ETEs		
Tanque de sedimentação	4 Tanques na vertical de resina isoftálica.	1 Tanque na horizontal resina em isoftálica.	1 Tanque de concreto enterrado.
Secundário.	Aplicável para as três ETEs		
SKID ETE ou bioreator aeróbio com MBBR.	2 bioreator + 1 sedimentador lamelar secundário.		
	Estrutura principal: com tanque cilíndrico em resina isoftálica de acordo com a norma ASTM D3299 / NBS1569, apoiada sobre berços em aço carbono pintados em epóxi;		
	Painel de controle para operação automática do sistema.		
	Biomídeas (suportes plásticos);		
	Sistema de distribuição de ar em aço galvanizado e inox, com válvulas de regulagem de fluxo. Aeração com bolhas grossas sem risco de entupimento.		
	Compressor radial (soprador).		
Calha Parshall.	Calha Parshall localizada na saída da ETE compacta.		

Fonte: MARTINS, A. G. (2013).

4.2 Descrições do Processo de Tratamento

Basicamente as fases do processo de tratamento seguem o fluxo representado na Figura 4.4 e se dividem em níveis de tratamento primário e secundário O processo terciário ocorre somente nas estações de tratamento projetadas para o processo de reuso da água.

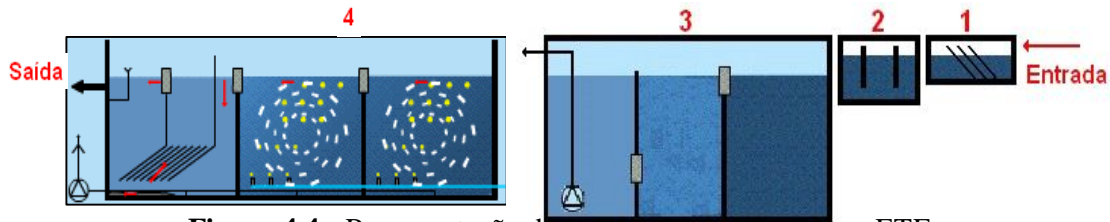


Figura 4.4 - Representação dos níveis de tratamento nas ETEs
Fonte: MARTINS, A. G. (2013).

No tratamento primário ocorre o processo físico caracterizado pela remoção das substâncias fisicamente separáveis dos líquidos, aquelas que não se encontram dissolvidas no esgoto. Estão nele incluídos as etapas de Gradeamento (1); Separador API - Caixa de Gordura (2); e Tanque de Pré-sedimentação e Equalização (3).

No tratamento secundário o processo é aeróbio com reator biológico com tecnologia MBBR e decantador lamelar (4).

Para iniciar o processo de tratamento, o efluente sanitário passará primeiramente por um sistema de gradeamento - Figura 4.5, composto de três grades consecutivas (G-1, G-2 e G-3) com espaçamento de "1", ½" e ¼" para retenção de sólidos grosseiros. A limpeza do gradeamento deve ser realizada periodicamente.



Figura 4.5 - Gradeamento
Fonte: MARTINS, A. G. (2013).

Em seguida passa pelo Separador API (caixa de gordura), Figura 4.6, em concreto, a fim de reter as gorduras presentes no efluente sanitário. O excesso de óleos e graxas no efluente fica retido em sua maior parte ao passar pela caixa gordura. Os óleos e graxas se separam da água e flutam.



Figura 4.6 – Caixa de gordura
Fonte: MARTINS, A. G. (2013).

Ao longo do tempo são formadas placas de gorduras. O excesso dessas placas indica a necessidade de limpeza para se evitar o entupimento da tubulação. A gordura acumulada é retirada através de mangueira flexível de engate rápido por caminhão limpa fossa.

As gorduras retidas no Separador API, são enviadas para o Tanque de Acúmulo (TQ-ACÚMULO) através de drenos. Este tanque é constituído em Anéis de Concreto com diâmetros de 1,10 m.

O efluente da caixa de gordura entra na Elevatória (EL-1) - Figura 4.7, que possui dois controladores de nível, sendo um de nível alto (LSH-01) e outro de nível baixo (LSL- 1). Tais controladores acionarão as bombas submersíveis (uma operante, outra reserva).



Figura 4.7 – Elevatória
Fonte: MARTINS, A. G. (2013).

A bomba operante lança o efluente para o Tanque de Sedimentação/Equalização (TQ-1), Figura 4.8, neste processo a matéria orgânica e sólida suspensa serão sedimentadas por gravidade.



Figura 4.8 – Tanque de sedimentação/Equalização.
Fonte: MARTINS, A. G. (2013).

A saída desses tanques será direcionada para reator aeróbio biológico MBBR – Figura 4.9, onde o efluente sofrerá o processo de degradação biológica e decantação lamelar.

Os biorreatores possuem milhares de biomídeas, que são elementos plásticos livres e flutuantes capazes de oferecer uma extensa superfície para o desenvolvimento do biofilme,

auxiliando simultaneamente na hospedagem de bactérias e no acúmulo de lodo ativo. O processo de aeração constante é proporcionado pelo soprador – Figura 4.10, localizado na parte superior da do tanque biológico.



Figura 4.9 – Reator aeróbio biológico com MBBR.

Fonte: MARTINS, A. G. (2013).

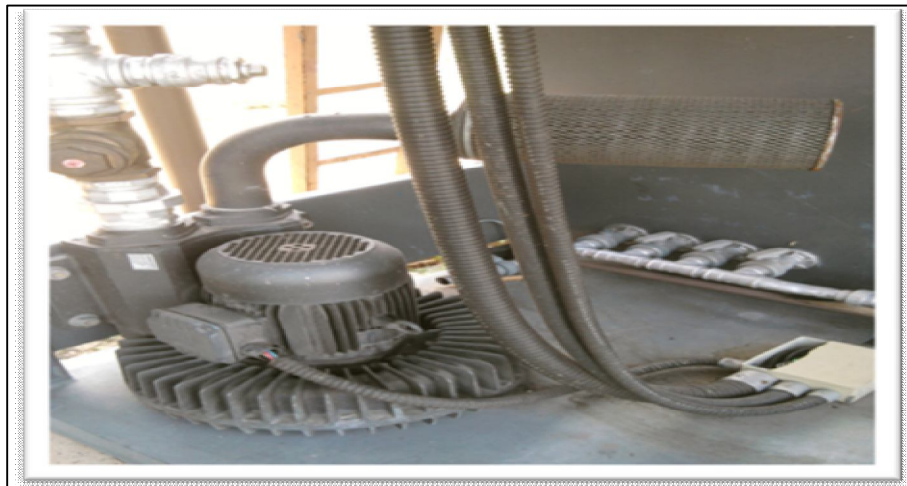


Figura 4.10 – Soprador

Fonte: MARTINS, A. G. (2013).

Os bioreatores degradam por oxidação a matéria orgânica dissolvida, produzindo dióxido de carbono, que é liberado para o ar, e biomassa, que age como um “lodo ativado”.

Este biofilme produz intensa atividade biológica e alto tempo de retenção celular em volumes menores, aumentando a remoção de carga orgânica e carga nitrogenada. O crescimento do biofilme aderido ao meio suporte elimina a necessidade de reciclo de lodo. O efluente biodegradado é levado para o estágio de sedimentação, onde os sólidos em suspensão decantam pela ação da gravidade.

O efluente é conduzido através de uma chicana para a área de sedimentação, promovendo a clarificação final do efluente. O Efluente tratado pode ser observado na Figura 4.11 e 4.12 ele passa pela calha parshall, e, é enviado para o corpo receptor.



Figura 4.11 – Efluente tratado
Fonte: MARTINS, A. G. (2013).



Figura 4.12 – Esgoto bruto e Esgoto Tratado.
Fonte: MARTINS, A. G. (2013).

O retorno do lodo do compartimento de sedimentação da SKID ETE será direcionado para um Tanque de Lodo (TQ-L). A bomba de recirculação de lodo é ativada cada vez que a bomba de alimentação é desligada, com a sucção orientada a partir do estágio de sedimentação. A bomba envia o líquido/lodo para um hidrociclone, separando os sólidos

voláteis dos não voláteis, sendo que os voláteis retornam para o reator e os não voláteis são descarregados no TQ-L.

O Tanque de Lodo terá uma ligação com o **TQ-1** a fim de direcionar para o mesmo o clarificado, enquanto o lodo deve ser retirado periodicamente através de caminhão limpa-fossa.

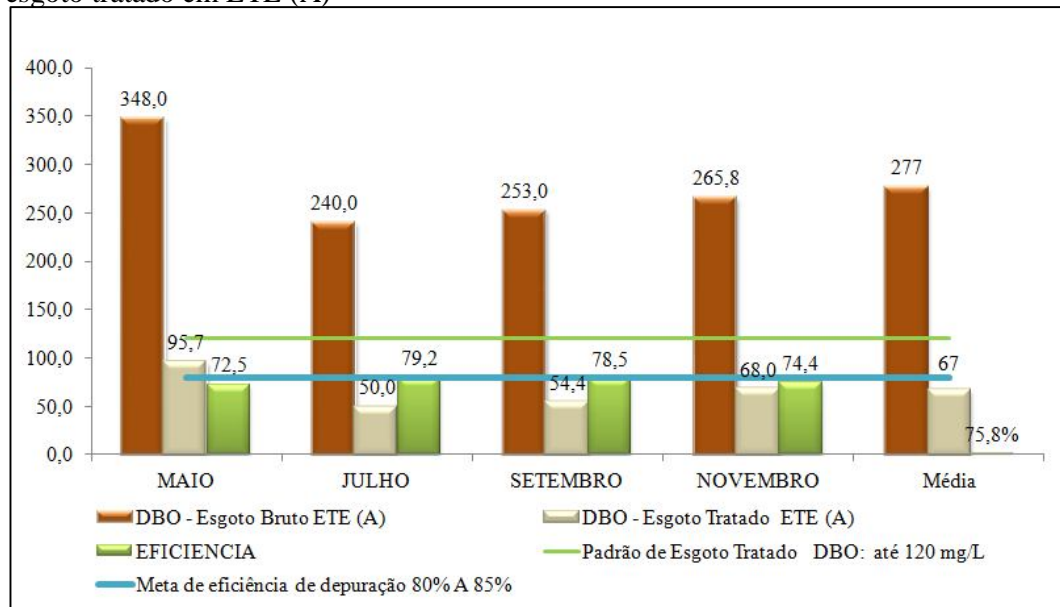
4.3 Resultados do tratamento das ETEs

O monitoramento do efluente foi realizado nos meses de maio, julho, setembro e novembro do ano de 2013 por laboratório licenciado pelo órgão ambiental. Os três gráficos abaixo demonstram o resultado da análise da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) dos meses de coleta de cada ETE. O objetivo é demonstrar através do indicador de DBO a eficiência de tratamento de cada ETE tomando como base o padrão de lançamento da legislação vigente.

4.3.1 Resultado ETE (A)

O Gráfico 4.1 representa os resultados das análises de entrada do esgoto bruto e saída do esgoto tratado, onde a concentração da DBO média de entrada foi de 277 mg/L e de saída 67,0 mg/L atendendo o parâmetro de saída de DBO de até 120 mg/L da resolução CONAMA 430/11. O resultado de eficiência média de depuração de 75,8% não atendeu as expectativas do projeto de 80% a 85% para DBO de esgoto tratado.

Gráfico 4.1 – Resultado Analítico da DBO de entrada do esgoto bruto e saída do esgoto tratado em ETE (A)



Fonte: MARTINS, A. G. (2013).

A ETE (A) apresentou resultados satisfatórios de tratamento de esgoto doméstico em todos os meses em relação à legislação vigente, mas, com eficiência de remoção insatisfatória.

Isto pode ser justificado devido não está sendo realizada a retirada de gordura na etapa primária da ETE (A) pela falta de empresa em Manaus para recebimento e tratamento da gordura e custo de incineração ser alto. A ETE (A) está localizada em uma indústria com uma população efetiva de 2000 pessoas gerando esgoto doméstico em três turnos de trabalho provenientes da cozinha industrial, limpeza em geral e uso de banheiros, no entanto a geração na cozinha industrial e banheiros são mais significativos.

O óleo gerado na preparação dos alimentos é retido em tambores e a gordura restante passa pela caixa de gordura e em seguida pela elevatória de entrada de 8 metros de profundidade antes do gradeamento. Devido a não retirada da gordura, a caixa de gordura fica saturada e a elevatória acaba enviando gordura em excesso para o sistema de tratamento o que compromete a eficiência de depuração conforme evidenciado no gráfico.

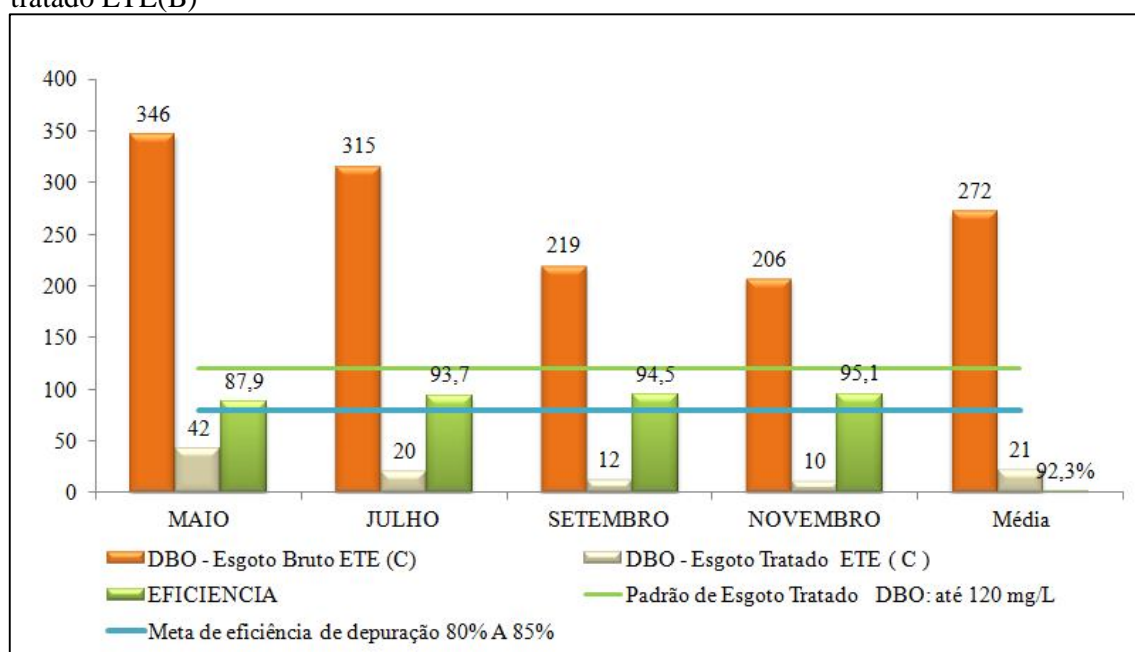
A necessidade da elevatória antes do gradeamento foi devido à profundidade da tubulação em relação à base da ETE.

O mês de maio com 95,7 mg/L apresentou o maior resultado de DBO do esgoto tratado o que significa maior demanda de oxigênio pelas bactérias para estabilizar este esgoto em relação aos meses seguintes.

4.3.2 Resultado da ETE (B)

O Gráfico 4.2 representa os resultados das análises de entrada de esgoto bruto e saída do esgoto tratado, onde a concentração da DBO média de entrada foi de 206 mg/L e de saída 10 mg/L atendendo o parâmetro de saída de DBO de até 120 mg/L da resolução CONAMA nº. 430/2011..

Gráfico 4.2 – Resultado Analítico da DBO de entrada do esgoto bruto e saída do esgoto tratado ETE(B)



Fonte: MARTINS, A. G. (2013).

O resultado de eficiência média de depuração de 95,1% superou as expectativas do projeto de 80% a 85% para DBO de esgoto tratado e representa um excelente resultado de eficiência de tratamento de esgoto

A ETE(B) apresentou resultados satisfatórios de tratamento de esgoto doméstico em todos os meses em relação à legislação vigente e com eficiência de remoção da carga orgânica acima das expectativas projetadas. Este resultado deve-se as realizações de operação e manutenção adequada assim como da disposição dos resíduos.

A ETE(B) está localizada em uma instituição educacional com uma população de 2.000 (duas) mil pessoas, e onde a geração de esgoto é proveniente a maior parte do uso dos banheiros e limpeza geral.

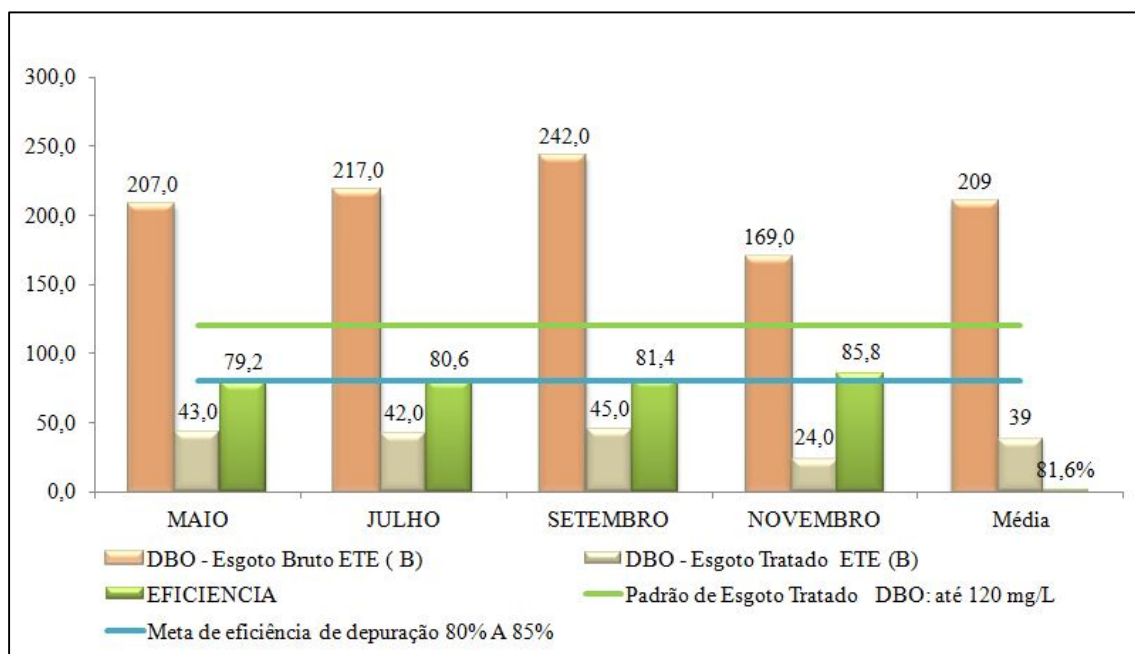
A instituição produz alimentação para um grupo de professores, no caso, somente almoço e os lanches são em grande parte terceirizados. Portanto a geração de gordura não é tão significativa quanto na ETE (A) o que facilita o tratamento.

O sabão utilizado na limpeza geral é biodegradável sendo outro fator positivo. A partir do mês de setembro houve uma redução significativa da DBO destacando em Novembro uma DBO de 10 mg/l de esgoto tratado.

4.3.3 Resultado da ETE (C)

O Gráfico 4.3 representa os resultados das análises de entrada de esgoto bruto e saída do esgoto tratado, onde a concentração da DBO média de entrada foi de 169 mg/L e de saída 24 mg/L atendendo o parâmetro de saída de DBO de até 120 mg/L da resolução CONAMA 430/11.

Gráfico 4.3 – Resultado Analítico da DBO de entrada do esgoto bruto e saída do esgoto tratado ETE(C)



Fonte: MARTINS, A. G. (2013).

O resultado de eficiência média de depuração de 85,8% atendeu as expectativas do projeto de 80% a 85% para DBO de esgoto tratado.

A ETE(C) apresentou resultados satisfatórios de tratamento de esgoto doméstico em todos os meses em relação à legislação vigente e com eficiência de remoção da carga orgânica conforme as expectativas projetadas.

Nos meses avaliados não houve retirada de lodo e disposição devido à quantidade está baixa. A ETE(C) está localizada em órgão público com uma população de 600 pessoas entre fixos e flutuantes onde a geração de esgoto é proveniente a maior parte do uso dos banheiros.

4.4 Atividades de Operação e Manutenção

As atividades operacionais são realizadas nas ETEs desde 2011 pela consultoria . Para o órgão ambiental a responsabilidade da consultoria é representada ao receber documento de Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) assinado pelo engenheiro ambiental.

As atividades operacionais realizadas estão representadas na Tabela 4.1

Tabela 4.1 – Atividades realizadas.

Atividades Realizadas	ETE	Frequência Padrão	Frequência realizada	Quem
Limpeza do Gradeamento	A	Diária	Diária	Operador da consultoria
	B			
	C			
Coleta do Efluente Tratado	A	Bimestral (conforme determinação do órgão ambiental)	Bimestral	Laboratório credenciado pelo órgão ambiental..
	B			
	C			
Remoção do Lodo	A	Trimestral	Mensal	Empresa Limpa fossa credenciada pelo órgão ambiental
	B		Bimestral	
	C		Trimestral	
Remoção da Gordura	A	Trimestral	1 vez no ano	Empresa Limpa fossa credenciada pelo órgão ambiental
	B		Não aplicável	
	C			
Manutenção nos Equipamentos	A	Semestral	Trimestral.	Empreendimento
	B			Consultoria
	C			Consultoria.
Inspeção	A	Diária	Diária	Operador da consultoria
	B			
	C			
Paisagismo	B	Semanal – ativ. Simples. Anual – obra civil.	Semanal e Anual	Operador da consultoria.
	C			
	c			

Fonte: Consultoria, 2013.

Conforme informações do Engenheiro Ambiental da consultoria as atividades e frequência são baseadas no manual de operação e manutenção fornecido pela empresa fabricante das ETE's e também orientadas pelo treinamento recebido mas, que a frequência pode variar conforme avaliação realizada em cada ETE. Informa também que a aparente simplicidade nas atividades não pode diminuir sua importância.

A não realização dessas atividades pode comprometer o sistema de tratamento, pois o resíduo sólido acumulado no gradeamento pode ser transportado para elevatória comprometendo o funcionamento das bombas e a ainda serem bombeados para os tanques o que comprometeria também a qualidade do efluente final.

Na visita in loco foi possível verificar as seguintes situações:

- As atividades de limpeza do gradeamento – Figura 4.13, é realizada durante a visita de rotina diária do operador. A necessidade é avaliada conforme a inspeção visual do operador no gradeamento. São utilizados vassoura, pá, mangueira e balde durante a limpeza diária e o resíduo é armazenado no tanque de acúmulo. Na programação de limpeza geral o caminhão limpa fossa suga todo o resíduo acumulado no gradeamento e tanque de acúmulo.



Figura 4.13 – Limpeza do gradeamento
Fonte: MARTINS, A. G. (2013).

- A coleta de efluente Figura 4.14, é bimestral realizada através dos serviços de laboratório credenciado pelo órgão ambiental.



Figura 4.14 – Coleta do efluente tratado para análise
Fonte: MARTINS, A. G. (2013).

- A retirada de Lodo - Figura 4.15, ocorre em média a cada dois meses na ETE (B) e ETE (C). Na ETE (A) ocorre mensalmente devido a alta frequência de geração de esgoto dos três turnos de trabalho.



Figura 4.15 – Remoção de Lodo do Tanque de Sedimentação e Reator biológico.
Fonte: MARTINS, A. G. (2013).

- A remoção gordura - Figura 4.16, deveria ser na mesma frequência da remoção de lodo na ETE (A) e ETE (B), no entanto, quanto às atividades demonstradas na Tabela 4.1 o engenheiro explica a única empresa credenciada pelo órgão ambiental a tratar este resíduo, suspendeu o serviço temporariamente então, à opção encontrada foi de incinerar por outra empresa. O alto custo deste serviço reduziu a frequência desta atividade. Também informou

que durante as atividades de remoção de lodo e gordura as bombas, painéis, sopradores são verificadas e que a substituição de peças foi realizada conforme a necessidade avaliada.



Figura 4.16 – Remoção da gordura.
Fonte: MARTINS, A. G. (2013).

Existe a opção de uma empresa que realiza a incineração e devido ao custo alto a frequência de remoção de gordura foi bastante reduzida. No ano de 2013 somente foi realizada uma vez na ETE (A) e ETE (B), na ETE (C) não é necessário porque não existe restaurante e lanche no empreendimento, ou seja, fonte geradora desse resíduo.

No ano de 2013 as manutenções realizadas foram corretivas. Na ETE (A) foi realizada nas duas bombas da elevatória que haviam queimado e na ETE (B) a corretiva foi realizada no soprador. As ocorrências não comprometeram o tratamento e os parâmetros exigidos pela legislação foram atendidos.

Na visita de rotina do operador são realizadas as atividades de capina, e limpeza com vassoura, lavagem da área quando necessário. Esta atividade é realizada com maior frequência nas ETEs (B) e (C) devido a área de gramado e terra.

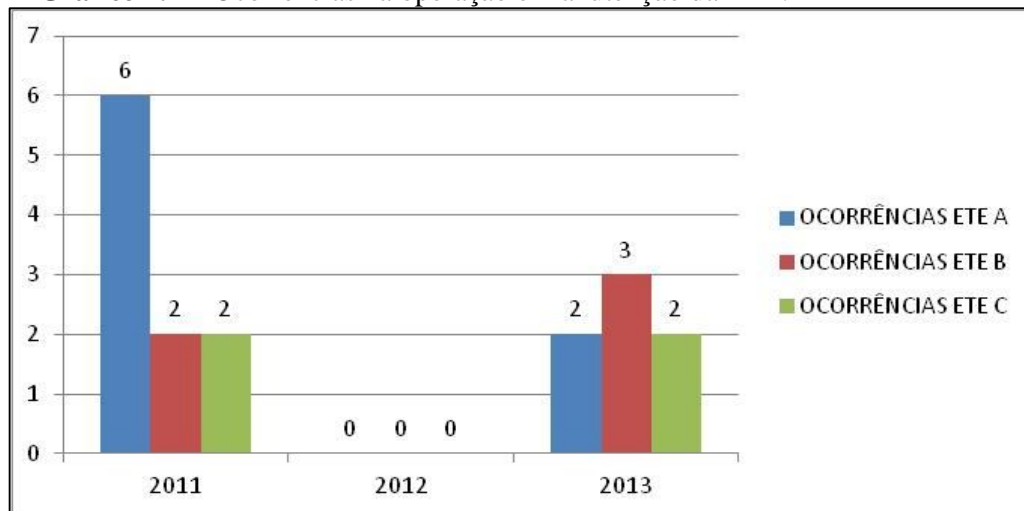
O destaque para atividade de paisagismo ocorreu nas ETE (A) e ETE (B) que receberam pintura nova nos meses de novembro e julho de 2013. Na ETE (C) a pintura foi realizada em maio de 2012.

4.5 Problemas relacionados

4.5.1 Problemas de operação e manutenção

Conforme Gráfico 4.4, a maioria dos problemas ocorreu no ano de 2011, no total foram 10 (dez) ocorrências, sendo 6 (seis) na ETE A, 2 (duas) na ETE B e 2 (duas) na ETE C.

Gráfico 4.4 – Ocorrências na operação e manutenção da ETE.



Fonte: MARTINS, A. G. (2013).

As Tabelas 4.2 apresentam as ocorrências registradas nos anos e 2011 e 2013 nas ETE's. Não houve ocorrência no ano de 2012.

Tabela 4.2 – Ocorrências registradas nas ETE's

OCORRÊNCIAS	ANO	ETE
Queima da bomba de recirculação de lodo	2011	B-C
Queima do compressor	2011	B-C
Alta quantidade de resíduo retido no gradeamento	2011	A
Alta quantidade de lodo retido no tanque de equalização e sedimentação primário.	2011	A
Alta quantidade de lodo no reator biológico	2011	A
Deslocamento das biomédias para o compartimento de sedimentação secundária devido a quantidade de lodo retida.	2011	A
Entupimento das telas do dentro do reator	2011	A
Bomba elevatória entupida.	2011	A
Queima do soprador	2013	B-C
Queima da bomba elevatória	2013	A-B-C
Não remoção de gordura no limite Maximo de 90 dias conforme orientação do projeto	2013	A-B

Fonte: Consultoria, 2013

Através da Tabela 4.2 foi possível observar que os principais registros de ocorrência foram na ETE (A) no ano de 2011. A justificativa para este fato é que, antes a própria indústria operava a ETE sob a responsabilidade do departamento de manutenção e, em virtude

da demanda de atividades relacionadas aos equipamentos do processo produtivo essas atividades não foram programadas e devido ao odor que exalava na estação e a proximidade da auditoria do SGA, a consultoria foi chamada para analisar o que ocorria e a partir daí foram levantados esses problemas como a causa.

Também foi possível observar que os problemas com equipamento são comuns nas três ETEs distribuídos nos anos de 2011 e 2013 e podem está relacionados às quedas de energia na cidade de Manaus e ao próprio desgaste de funcionamento, pois as ETEs funcionam 24 horas.

As figuras, 4.17, 4.18 e 4.19 representam os principais problemas ocorridos na ETE (A) relatados na Tabela 4.2.



Figura 4.17 – Imagem da alta quantidade de lodo no reator biológico e deslocamento das biomédias.

Fonte: MARTINS, A. G. (2013).



Figura 4.18 – Entupimento das telas dentro da ETE..

Fonte: MARTINS, A. G. (2013)



Figura 4.19 – Elevatória entupida com resíduo devido à falta de capina
Fonte: MARTINS, A. G. (2013)

4.5.2 Problemas de controle da informação.

Durante a pesquisa foi observado que a consultoria ambiental possui domínio das informações sobre as ETEs, sabe quais, quando e como devem ser realizadas as atividades operacionais e possuem arquivo dos registros de operação, manutenção e cópia dos relatórios analíticos do monitoramento do efluente final em pastas e em arquivo eletrônico. Porém melhorias quanto a padronização documental podem ser realizadas.

- a) Somente o memorial descritivo da ETE A foi localizado onde incluem de forma resumida informações de operação e manutenção. A cópia do Manual da ETEB e ETEC não foram localizados, pois os empreendimentos não os localizaram em seus arquivos.
- b) O check List de visita as ETEs – Apêndice A, somente é aplicado pela consultoria na ETE A, pois existe esta exigência do registro de inspeção visto a indústria ser certificada na ISO 9001 e ISO 14001. Nas outras ETEs a consultoria elabora um relatório mensal.
- c) O levantamento de aspectos e impactos ambientais (LAIA) somente foi elaborado pela consultoria para ETE A, no entanto também poderia ter sido aplicado na ETEB e ETEC.

- d) .As operações e manutenções quando realizadas são registradas no relatório mensal assim como os problemas detectados. Para ETEA somente é emitido este documento caso alguma ocorrência seja encontrada.
- e) Não existe um roteiro de possíveis problemas operacionais com possíveis soluções como meio de deixar claro ao operador as medidas a serem executadas.

4.5.3 Sugestões de Melhoria Aplicadas ao Gerenciamento

Esta pesquisa sugere que a consultoria e qualquer empreendimento com ETE instalada realize o controle gerencial conforme o Quadro 4.3 - Guia Gerencial para ETE, elaborado pelo autor da pesquisa.

O Guia Gerencial baseia-s no conceito da ferramenta da qualidade PDCA e requisitos da NBR ISO 14001.

Segundo Mariani (2005), o método PDCA é utilizado pelas organizações para gerenciar seus processos internos de forma a garantir o alcance de metas estabelecidas, tomando as informações como fator de direcionamento das decisões.

As normas de gestão ambiental têm por objetivo prover as organizações de elementos de um sistema da gestão ambiental (SGA) eficaz que possam ser integrados a outros requisitos da gestão, e auxiliá-las a alcançar seus objetivos ambientais e econômicos (NBR ISO 14001, 2004).

Quadro 4.3 – Guia Gerencial para ETE

<p>P Planejar (Plan)</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Solicitar uma cópia do memorial descritivo, manual de operação /manutenção e plantas do projeto do fornecedor da ETE instalada no empreendimento. – Levantar, listar e prover todos os recursos necessários para manter a ETE funcionando corretamente (mão de obra treinada, equipamentos e ferramentas, fornecedores e parceiros qualificados como laboratórios para coleta e análise do esgoto de entrada quando necessário e saída, empresas de consultoria, empresas de disposição de lodo e gordura e etc.) – Identificar os aspectos ambientais significativos, recomendando-se que sejam tratados prioritariamente (4.3.1 da NBR ISO 14001:2004) – Identifique os requisitos legais aplicáveis para cada aspecto ambiental e outros necessários. (3.2 da NBR ISO 14001:2004) – Planeje as atividades operacionais estabelecendo o que fazer, quando fazer, quem irá fazer, onde e como fazer, inclua o custo também se achar válido. – Elabore um Cronograma de Operação e Manutenção informando o Planejado, Realizado e justifique ou re programe os desvios. – Identifique a conscientização, o conhecimento, a compreensão e as habilidades necessárias a qualquer indivíduo com responsabilidade e autoridade para realizar tarefas em seu nome (4.2 da NBR ISO 14001:2004). – Elaborar instruções detalhadas de operação e manutenção utilize o plano de atividades operacionais e inclua informações de preparação e resposta a emergência. (4.7 da NBR ISO 14001:2004) e de solução para possíveis problemas com a ETE.
<p>D (DO) - Executar</p>	<p>Execute o que foi planejado.</p>
<p>C (CHECK) Verificar, controlar o que foi realizado.</p>	<p>Realize o controle através de registros ambientais que podem incluir, entre outros</p> <ol style="list-style-type: none"> a) registros de ocorrências e registros de treinamento, b) registros do relatório analítico do monitoramento do efluente realizado pelo laboratório. c) registros de inspeção, operação e manutenção, d) registros pertinentes de prestadores de serviço e de fornecedores, e) relatórios de incidentes, f) registros de requisitos legais ambientais aplicáveis, g) registros de aspectos ambientais significativos, h) registros de reuniões ambientais. i) registros de ações corretivas e preventivas j) Registros de contrato de prestadores de serviço k) Registros de licenças ambientais expedidas. <p>l) Registro de Anotação de Responsabilidade técnica (ART).</p> <p>É importante que os registros sejam guardados em locais adequados e protegidos. Uma cópia dos registros em negrito deve ser entregue ao órgão ambiental competente.</p>
<p>A (Action) Implementar as melhorias.</p>	<p>As melhorias podem ser avaliadas através de dados de ocorrências, monitoramento do efluente, histórico de ocorrências tabuladas no gráfico de pareto, auditorias e inspeções realizadas e através de solicitações de órgão ambientais e informações ou reclamação da comunidade.</p>

Fonte: MARTINS, A. G. (2013).

CAPÍTULO 5 – CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.

5.1 CONCLUSÃO

Em resposta ao objetivo específico: a) Descrever o tipo de estação de tratamento instalada no empreendimento; b) Demonstrar a eficiência do tratamento através de parâmetros físico-químicos, com base na legislação vigente; c) Levantar as atividades de operação e manutenção realizadas na ETE, assim como, os problemas relacionados; d) Sugerir melhorias no controle gerencial da ETE conclui-se que:

Estações de tratamento do tipo reator aeróbio com tecnologia MBBR apresenta-se como uma boa solução e escolha para o tratamento de esgoto doméstico em empreendimentos como indústrias, hospitais, escolas, igrejas, órgãos públicos, hotéis etc, em virtude de suas características e benefícios de maior resistência a sobrecargas hidráulicas e de cargas orgânicas, eficiência no tratamento do esgoto, simplicidade de operação e manutenção aliado ao reduzido número de mão de obra qualificada e a necessidade de pequenas áreas para implantação.

Os resultados dos gráficos 4.1, 4.2 e 4.3 demonstraram que o tratamento foi realizado de forma eficiente atendendo os parâmetros da legislação vigente e que as atividades operacionais podem exercer influência para otimização do desempenho do sistema como foi verificado principalmente na ETEA.

As atividades operacionais levantadas são limpeza do gradeamento, remoção de lodo, gordura, monitoramento do efluente e paisagismo de modo geral realizados de forma adequada.

Alguns problemas pontuais mais significativos ocorreram no ano de 2011 na ETEA por falhas na operação e manutenção e poderiam ter gerado impacto ambiental significativo caso o odor forte não tivesse servido de alerta de que algo estava errado. Após o início dos serviços de consultoria ambiental os problemas foram solucionados e o problema atual mais grave resume-se a remoção limitada da gordura nas ETEs, devido a não disponibilidade de empresas para disposição e tratamento deste resíduo na cidade de Manaus. A opção de incineração gera um custo alto, mas é a alternativa atualmente utilizada pela consultoria ambiental.

Outro problema relacionado refere-se ao controle da informação, a consultoria poderia padronizar para todas as ETES uso do check list de inspeção, o levantamento de aspecto e impacto ambiental assim como elaborar instrução de operação e manutenção detalhada para cada tipo de ETE informando as soluções para possíveis problemas e situações de emergência. O uso da ferramenta PDCA e os requisitos da ISO 14001 dariam uma orientação ao gestor ambiental sobre o planejamento, execução, verificação e melhorias em relação às ETEs conforme exemplo demonstrado no Quadro 3.4 deste estudo.

Para atender o objetivo geral deste trabalho “Diagnosticar uma estação de tratamento de esgoto doméstico e verificar a eficiência do tratamento e as quais atividades de operação e manutenção são realizadas” podemos concluir que este estudo foi muito importante por fornecer conhecimento de uma nova tecnologia e forma de tratamento de esgoto na cidade de Manaus, igualmente, do entendimento de eficiência do tratamento em relação à legislação vigente, das atividades de operação e manutenção adequadas e quais problemas podem ocorrer e sugestões de gerenciamento, trazendo benefícios tanto ao empresário quanto em nível de cidade.

5.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.

Em virtude da problemática da disposição de gordura, recomenda-se o estudo de alternativas para disposição da gordura na cidade de Manaus e devido as ETEs não adotarem o tratamento terciário, também se recomenda o estudo da implantação deste nível de tratamento nas ETEs.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE NETO, Cícero Onofre de. **Sistemas Simples para Tratamento de Esgoto sanitário: experiência Brasileira.** Rio de Janeiro: ABES. 1997.

ARVIN, E. E HARREMÖES, P. **Concepts and models for biofilm reactor performance:** Water Sci. & Technol., vol. 22, no 1/2, p. 171-192, 1991.

_____, **Sistema de Gestão Ambiental: Especificação e Diretrizes para Uso NBR ISO 14001.** Out./1996.

BALKEMA, A. J. et al. **Developing a Model Based Decision Support Tool for the Identification of Sustainable Treatment for Domestic Wastewater.** Water Sci. Technol. Oxford, v. 43, no. 7, p. 265-269, 2001.

BASSIN, João Paulo. **Remoção Biológica de Nutrientes em Sistemas Compactos e Estudo da Diversidade Microbiana por Técnicas de Biologia Molecular.** Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2012. Tese (doutorado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia Química, 2012.

BENETTI, A. & BIDONE, F.O **meio ambiente e os recursos hídricos.** In: TUCCI, C. E. M. (Org.) Hidrologia: ciência e aplicação. 2.ed.,Porto Alegre: Editora da Universidade: ABRH, p. 855, 1997.

BRAILE, Pedro Marcio. **Manual de Tratamento de Águas Residuárias Industriais.** CETESB, São Paulo Brasil, 1993.

BRASIL, **Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução 430/2011.** "Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA." - Data da legislação: 13/05/2011 - Publicação DOU nº 92, de 16/05/2011, pág. 89.

BRASIL, **Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução 377/2006.** "Dispõe sobre licenciamento ambiental simplificado de Sistemas de Esgotamento Sanitário" - Data da legislação: 09/10/2006 - Publicação DOU nº 195, de 10/10/2006, pág. 56.

BRASIL, **Política Nacional de Recursos Hídricos. Lei 9.433/1997.** "Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989." - Data da legislação: 08/01/1997 - Publicação DOU, de 09/01/1997

BRASIL, MANAUS. **Conselho Municipal de Desenvolvimento e Meio Ambiente – COMDEMA. Resolução 034/12.** "Estabelece novas normas e padrões para qualidade das águas, condições para lançamentos de efluentes pós - tratamento em corpos de águas superficiais" - Data da legislação: 27/07/2012 - Publicação DOM, 1º de agosto de 2012.

BRAGA, B; HESPANHOL, I.; *et. al.*; **Introdução à engenharia ambiental**, 2 ed., Prentice Hall, 2003.

CHERNICHARO, C. A. L. **Pós-Tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios**: coletânea de trabalhos técnicos. (Coordenador). Belo Horizonte, Projeto PROSAB, p.220, 2001.

DACACH, Nelson Gandur. **Tratamento primário de esgoto**. 1 ed. Rio de Janeiro: EDC – Ed. Didática e Científica, p. 160, 1991.

ØDEGAARD, H., RUSTEN, B., WESSMAN, F. **Estate of the art in Europe of the moving bed biofilm reactor (MBBR) process**. Paper presented in WEFTEC'04 in New Orleans, 4 October. 2004.

FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Orientações básicas para operação de estações de tratamento de esgoto – ETEs**. Belo Horizonte – MG. 2006.

GIORDANO, G. **Avaliação ambiental de um balneário e estudo de alternativa para controle da poluição utilizando o processo eletrolítico para o tratamento de esgotos**. Niterói – RJ, 1999. 137 p. Dissertação de Mestrado (Ciência Ambiental) Universidade Federal Fluminense, 1999.

GESELLCHAFT FÜR TECHNISCHE ZUSAMMENARBEIT – GTZ. **Capacity Building for Ecological Sanitation**: Ecosan Resource Material. CD-ROM. Eschborn, 2006.

IMHOFF, K. R.; IMHOFF, K. **Manual de tratamento de águas residuárias**. Editor Edgard Blucher. São Paulo, 2002.

JORDÃO, E. P.; PESSOA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 3º ed. Rio de Janeiro: ABES, 1995.

KARL, T. L. **Petroleum and political pacts: the transition to democracy in Venezuela**. O'Donnell et al. 3:196-219. 1986.

LA RAVORE, Emílio L. (coordenador). **Manual de Auditoria Ambiental para Estação de Tratamento de Esgoto Doméstico**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

LORA, Electo Silva. **Prevenção e controle da poluição nos setores energéticos, industrial e de transporte/Electo Silva Lora**. Brasília. ANEEL, 2000.

MANAUS - **Plano Diretor Urbano e Ambiental do Município de Manaus**. 16 de Janeiro de 2014.

MARIANI, C. A.; PIZZINATTO, N. K.; FARAH, O. E.; **Método PDCA e ferramentas de qualidade no gerenciamento de processos industriais: um estudo de caso**. In: XII Simpósio de Engenharia de Produção – SIMPEP, 2005, Bauru-SP.

METCALF, L.; EDDY, H. **Wastewater engineering: treatment and reuse**. 4 ed. New York: McGraw-Hill, 2002.

MINEGATTI, D. V. O. DE. **Caracterização dos Parâmetros de Controle e Avaliação de Desempenho de um Reator Biológico com Leito Móvel (MBBR)**. XII, 91p. COPPE/UFRJ, MSc. Engenharia Civil. 2008.

MOTA, S. A água. In: MOTA, S. **A Introdução à engenharia ambiental**. Rio de Janeiro : ABES, 1997. p. 95-143.

NUVOLARI, A; TELLES, D.D; RIBEIRO, J.T; MIYASHITA, N.J; RODRIGUES, R.B; ARAUJO, R. **Esgoto Sanitário: Coleta Transporte Tratamento e Reúso Agrícola**. Editora: Edgard Blücher, São Paulo - SP, 2003.

O'REILLY, E.; RODGERS, M.; ZHAN, X. M. **Pumped Flow biofilm reactors (PFBR) for treating municipal**. Water Science and Technology, v. 57, n. 12, p. 1857-1865. 2008.

PIVELI, R.P.; KATO, M.T. Qualidade da água e poluição: aspectos físico-químicos. ABES, 2006. 285p.

PRÓ-ÁGUAS - Programa de Tratamento e Uso Racional das Águas nas edificações. **Lei Municipal nº 1.192/2007**. Manaus/AM. 2007.

Rede de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental - ReCESA, **Esgotamento sanitário: operação e manutenção de sistemas simplificados de tratamento de esgotos: guia do profissional em treinamento: nível 1/** Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org.). – Belo Horizonte, 2008.74 p.

RODRIGUES, G. B.; Maltoni, K. L.; Cassiolato, A. M. R. **Dinâmica da regeneração do subsolo de áreas degradadas dentro do Bioma Cerrado**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.11, n.1, p.73-80, 2007.

ROGALLA, F., ROUDON, G., SIBONY, J. E., BLONDEAU, F., 1992, "Minimising nuisances by covering compact sewage plants", Water Science and Technology, v. 25, n. 4/5, pp. 363 - 374.

RUSTEN, B.; EIKEBROKK, B.; ULGENES, Y.; LYGREN, E. **Design and operations of the Kaldnes moving bed biofilm reactors**. Aquacultura Enginnering, v. 34, n. 3, pp. 322-331.2006.

SANTOS, A.D. **Estudo das possibilidades de reciclagem dos resíduos de tratamento de esgoto da região metropolitana de São Paulo**. 2003. 265p. Dissertação de Mestrado em Engenharia. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003.

SEIFFERT, Mari Elizabete Berardini. **Gestão Ambiental: instrumentos, esferas de ação e educação ambiental**. 1º ed.. Atlas, 2009.

SOBRINHO, P. A.; TSUTIYA, M. T. **Coleta e transporte de esgoto sanitário.** Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Univ. da São Paulo, p. 547, 2000.

VITERBO JR, Ênio. **Sistema Integrado de Gestão Ambiental.** Editora Ground, 1998.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento biológico.** 3 ed. Belo Horizonte: UFMG, p. 452, 2005.

_____, **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** V.01. Minas Gerais: ABES. 1996.

APENDICE A – CHECK LIST DE VISITAS AS ETES

CHECK LIST DIÁRIO DE VISITAS AS ETE's	
CLIENTE:	
Data : Hora de Entrada: Hora da Saída:	
Apontar como N/A itens não aplicáveis a ETE do respectivo Cliente.	
ITENS A SEREM AVALIADOS	
1 <input type="checkbox"/> Limpeza do Gradeamento 2 <input type="checkbox"/> Tanque de Equalização 3 <input type="checkbox"/> Bomba da Elevatória e Bóia de Nível 4 <input type="checkbox"/> Soprador da ETE 5 <input type="checkbox"/> Bomba de Recirculação de Lodo 6 <input type="checkbox"/> Painel Elétrico da ETE 7 <input type="checkbox"/> Painel Elétrico das Elevatórias 8 <input type="checkbox"/> Bioreator 1 (ETE)	11 <input type="checkbox"/> Limpeza da Calha Pashall(Ponto de Coleta do Efluente Tratado) 12 <input type="checkbox"/> Nível de Lodo da ETE e Limpeza do Skimmer 13 <input type="checkbox"/> Elevatória 13.1 <input type="checkbox"/> Elevatória do Vestiário 13.2 <input type="checkbox"/> Elevatória do Refeitório 13.3 <input type="checkbox"/> Elevatória do Banheiro do Laboratório 13.4 <input type="checkbox"/> Elevatória Central 14 <input type="checkbox"/> Tanque de Desinfecção e Bomba dosadora de Cloro
Outros:	
DESCRIÇÃO DE OCORRÊNCIAS:	
.....	
AÇÃO IMEDIATA:	
.....	
Operador responsável Nome Ass. DATA:	Supervisor responsável Nome Ass: DATA: