

Companhia de Água e Esgoto do Ceará

DEN - Diretoria de Engenharia

GPROJ - Gerência de Projetos de Engenharia

Fortaleza - CE

Projeto do Remanescente da Estação de Tratamento de Esgoto para atender ao Residencial Tatu Mundê, e aos loteamentos de Viúva I e II, e Urucutuba I e II

VOLUME I - Relatório Geral, Memorial de Cálculo, Especificações Técnicas e Manual de Operações

Cagece

OUTUBRO/2016



Cagece – Companhia de Água e Esgoto do Ceará

DEN – Diretoria de Engenharia

GPROJ – Gerência de Projetos

EQUIPE TÉCNICA DA GPROJ – Gerência de Projetos

Produto: Remanescente da Estação de Tratamento de Esgoto de Tatu Mundê – Viúva e Urucutuba

Gerente de Projetos

Eng^a. Cailiny Darley de Menezes Medeiros

Coordenação de Projetos Técnicos

Eng^o. Raul Tigre de Arruda Leitão

Coordenação de Serviços Técnicos de Apoio

Eng^o. Celso Lira Ximenes Júnior

Engenheira Projetista

Eng^a. Larissa Gonçalves Maia Caracas

Desenhos

João Maurício e Silva Neto

Engenheira Eletricista

Eng^a Amanda Rodrigues Rangel

Desenhos

Roberto Pinheiro Sampaio

Edição

Janis Joplin Saara Moura Queiroz

Arquivo Técnico

Patrícia Santos Silva

Colaboração

Ana Beatriz Caetano de Oliveira

Gleiciane Cavalcante Gomes

I – APRESENTAÇÃO

O presente relatório refere-se ao Projeto do Remanescente da Estação de Tratamento de Esgoto para atender ao Residencial Tatu Mundê, e aos loteamentos de Viúva I e II, e Urucutuba I e II, referente ao município de Fortaleza, através do processo nº 0766.000160/2016-38.

Este projeto é constituído de três volumes:

- **Volume I – Relatório Geral, Memorial de Cálculo, Especificações Técnicas e Manual de Operações;**
- Volume II – Peças Gráficas;
- Volume III – Projeto Elétrico.

II – ÍNDICE

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | CONSIDERAÇÕES INICIAIS..... | 12 |
| 2 | CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DO PROJETO..... | 17 |
| | 2.1 LOCALIZAÇÃO E ACESSO..... | 17 |
| 3 | ELEMENTOS PARA CONCEPÇÃO DO SISTEMA..... | 19 |
| | 3.1 ESTIMATIVA POPULACIONAL..... | 19 |
| | 3.2 VAZÕES DE PROJETO..... | 19 |
| | 3.3 CONSIDERAÇÕES DE PROJETO..... | 21 |
| | 3.3.1 Estação de Tratamento de Esgoto..... | 21 |
| 4 | PROJETO DO SISTEMA ADOTADO..... | 24 |
| | 4.1 CONSIDERAÇÕES DE PROJETO..... | 24 |
| | 4.1.1 Rede Coletora de Esgoto..... | 24 |
| | 4.1.2 Estação Elevatória de Esgoto..... | 24 |
| | 4.1.3 Estação de Tratamento..... | 24 |
| 5 | MEMORIAL DE CÁLCULO..... | 28 |
| | 5.1 TRATAMENTO PRELIMINAR DA EEE DA ETE..... | 28 |
| | 5.2 ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ESGOTO DA ETE..... | 38 |
| | 5.3 ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO..... | 46 |
| | 5.3.1 UASB..... | 46 |
| | 5.3.2 Filtro Submerso Aerado..... | 55 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 5.3.3 | Decantador Lamelar..... | 61 |
| 5.3.4 | Tanque de Contato | 64 |
| 5.3.5 | Leito de Secagem..... | 67 |
| 5.3.6 | Eficiência do Sistema | 69 |
| 6 | OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DA ETE..... | 71 |
| 6.1 | PLANO DE MANUTENÇÃO | 71 |
| 6.1.1 | Aspectos Gerais..... | 71 |
| 6.1.2 | Lubrificação | 72 |
| 6.1.3 | Bombas de Alimentação das Unidades de Tratamento | 72 |
| 6.1.4 | Sopradores..... | 72 |
| 6.1.5 | Estruturas Suportes | 73 |
| 6.1.6 | Prédios | 73 |
| 6.1.7 | Jardins..... | 73 |
| 6.2 | MANUAL DE OPERAÇÃO | 74 |
| 6.2.1 | Caixa de Admissão..... | 74 |
| 6.2.2 | Grade | 74 |
| 6.2.3 | Caixa de Areia | 74 |
| 6.2.4 | Bombas de Alimentação das Unidades de Tratamento | 75 |
| 6.2.5 | UASB | 75 |
| 6.2.6 | Filtro Submerso Aerado (FSA) / Decantador Lamelar (DL) / Desinfecção..... | 82 |
| 7 | ANEXOS..... | 88 |
| 7.1 | FOTOS..... | 88 |

| | |
|---------------------------------------|------------|
| 7.2 E-MAIL..... | 90 |
| 8 DESAPROPRIAÇÃO..... | 92 |
| 9 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS..... | 102 |
| 10 ART | 104 |



Ficha Técnica

III – FICHA TÉCNICA

Informações do Projeto:

| | | |
|---|------------------|--------------------------------------|
| Projeto | | |
| REMANESCENTE DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO DE TATU MUNDÊ – VIÚVA E URUCUTUBA | | |
| Projetista | | Programa |
| LARISSA GONÇALVES MAIA CARACAS | | - |
| Município | Sub-bacia | Data de elaboração do Projeto |
| FORTALEZA | SE-03/SE-04 | ABRIL/2010 |

Dados da População de Tatu Mundê:

| Método de Estimativa Populacional | Taxa de Crescimento | Alcance do Projeto | População Inicial de Projeto | População Final de Projeto |
|-----------------------------------|---------------------|--------------------|------------------------------|----------------------------|
| População Saturação | - | 2010 | 3720 hab | 3720 hab |

Dados da População de Viúva:

| Método de Estimativa Populacional | Taxa de Crescimento | Alcance do Projeto | População Inicial de Projeto | População Final de Projeto |
|-----------------------------------|---------------------|--------------------|------------------------------|----------------------------|
| - | - | 2010 | 7720 hab | 7720 hab |

Dados da População de Urucutuba:

| Método de Estimativa Populacional | Taxa de Crescimento | Alcance do Projeto | População Inicial de Projeto | População Final de Projeto |
|-----------------------------------|---------------------|--------------------|------------------------------|----------------------------|
| - | - | 2010 | 3480 hab | 3480 hab |

Dados da População Total (ETE):

| Método de Estimativa Populacional | Taxa de Crescimento | Alcance do Projeto | População Inicial de Projeto | População Final de Projeto |
|-----------------------------------|---------------------|--------------------|------------------------------|----------------------------|
| - | - | 2010 | 14.920 hab | 14.920 hab |

Vazões de Projeto de Tatu Mundê:

| ANO | VAZÃO (L/s) | | | VAZÃO (m ³ /d) | | |
|------|-------------|-------|--------|---------------------------|--------|--------|
| | Mínima | Média | Máxima | Mínima | Média | Máxima |
| 2010 | 3,21 | 5,62 | 9,48 | 277,34 | 485,57 | 819,07 |

Vazões de Projeto de Tatu Viúva:

| ANO | VAZÃO (L/s) | | | VAZÃO (m ³ /d) | | |
|------|-------------|-------|--------|---------------------------|--------|----------|
| | Mínima | Média | Máxima | Mínima | Média | Máxima |
| 2010 | 5,68 | 10,68 | 18,69 | 490,75 | 922,75 | 1.614,82 |

Vazões de Projeto de Tatu Urucutuba:

| ANO | VAZÃO (L/s) | | | VAZÃO (m ³ /d) | | |
|------|-------------|-------|--------|---------------------------|--------|--------|
| | Mínima | Média | Máxima | Mínima | Média | Máxima |
| 2010 | 2,15 | 4,08 | 7,18 | 185,76 | 352,51 | 620,35 |

Vazões de Projeto Total (ETE):

| ANO | VAZÃO (L/s) | | | VAZÃO (m ³ /d) | | |
|------|-------------|-------|--------|---------------------------|----------|---------|
| | Mínima | Média | Máxima | Mínima | Média | Máxima |
| 2010 | 11,04 | 20,38 | 35,35 | 953,86 | 1.760,83 | 3054,24 |

Estação Elevatória de Esgoto (área da ETE):

| Elevatória | Tipo | Quant. Bombas | | Q (l/s) | | Hman (m) | | Potência (CV) | |
|------------|-------------|---------------|---------|---------|------|----------|------|---------------|-----|
| | | Ativas | Reserva | 10 | 20 | 10 | 20 | 10 | 20 |
| EEE | Submersível | 1 | 1 | 37,5 | 37,5 | 10,8 | 10,8 | 7,5 | 7,5 |

Estação de Tratamento de Esgoto (ETE):

| Tipo | Unidades | | Dimensões |
|------------------------------|----------|---------|---|
| | 10 anos | 20 anos | |
| UASB | 4 | 4 | Diâmetro – 5,50 m Altura útil – 5,50 m |
| Filtro Submerso Aerado (FSA) | 4 | 4 | Diâmetro – 5,00 m Altura útil – 5,00 m |
| Decantador Lamelar (DL) | 4 | 4 | Comprimento do Decantador – 3,79 m Largura das Placas – 2,15 m Quantidade de Placas – 28 unid. |
| Tanque de Contato (TC) | 4 | 4 | Diâmetro – 3,20 m Altura útil – 1,20 m |
| Leito de Secagem (LS) | 2 | 2 | Nº de Leitos por unidade – 5 unid. Largura do leito – 5,00 m Comprimento do leito – 7,00 m Lâmina de lodo – 0,37 m |

| Tipo | Unidades | | Dimensões |
|------------------------|----------|----------|---|
| | 10 anos | 20 anos | |
| Tanque de Cloro (TDSQ) | 2 | 2 | <p>Volume de cada tanque – 150 L</p> <p>Nº de compressores – 2 unid.</p> <p>Potência de cada compressores – 0,5 cv.</p> |
| Soprador (SPR) | 2 A + 1R | 2 A + 1R | <p>Vazão de cada soprador – 30,6 m³/min</p> <p>Potência de cada soprador – 63 cv</p> <p>Sobrepessão – 700 mbar</p> |

Destino do Efluente Tratado (DET):

| Ponto de lançamento | Vazão (L/s) | Material | Diâmetro (mm) | Extensão (m) |
|----------------------|-------------|----------|---------------|--------------|
| Riacho próximo à ETE | 35,35 | PVC OCRE | 250 | 68,00 |



Considerações Iniciais

1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O projeto básico do sistema de esgotamento sanitário de Tatu Mundê, Viúva I e II e Urucutuba foi originalmente elaborado pela Cagece e foi licitado pela mesma. O projeto em questão contemplava rede coletora, estação elevatória (EEE), linha de recalque (LR) e estação de tratamento de esgoto (ETE). Devido a não finalização da obra da ETE, foi solicitado, via processo nº 0766.000160/2016-38, o projeto do remanescente desta obra para nova licitação.

De modo a garantir a implantação completa do sistema de esgotamento sanitário e a alcançar seus respectivos objetivos, a Cagece solicitou uma adequação do projeto remanescente, para dar entrada em um processo de relicitação da obra.

De acordo com visita ao local, a estação de tratamento de esgoto foi executada em parte, ou seja, os reatores estão implantados, a casa de operações também, além da estação elevatória interna. Embora os reatores estejam implantados, as tubulações e os equipamentos internos não foram implantados/furtados ou estão deteriorados, além destes, não existem algumas proteções previstas no projeto, equipamentos, entre outros itens a serem detalhados em plantas.

Neste processo de adequação, considerando as restrições de prazo para relicitação, é importante ressaltar os seguintes pontos:

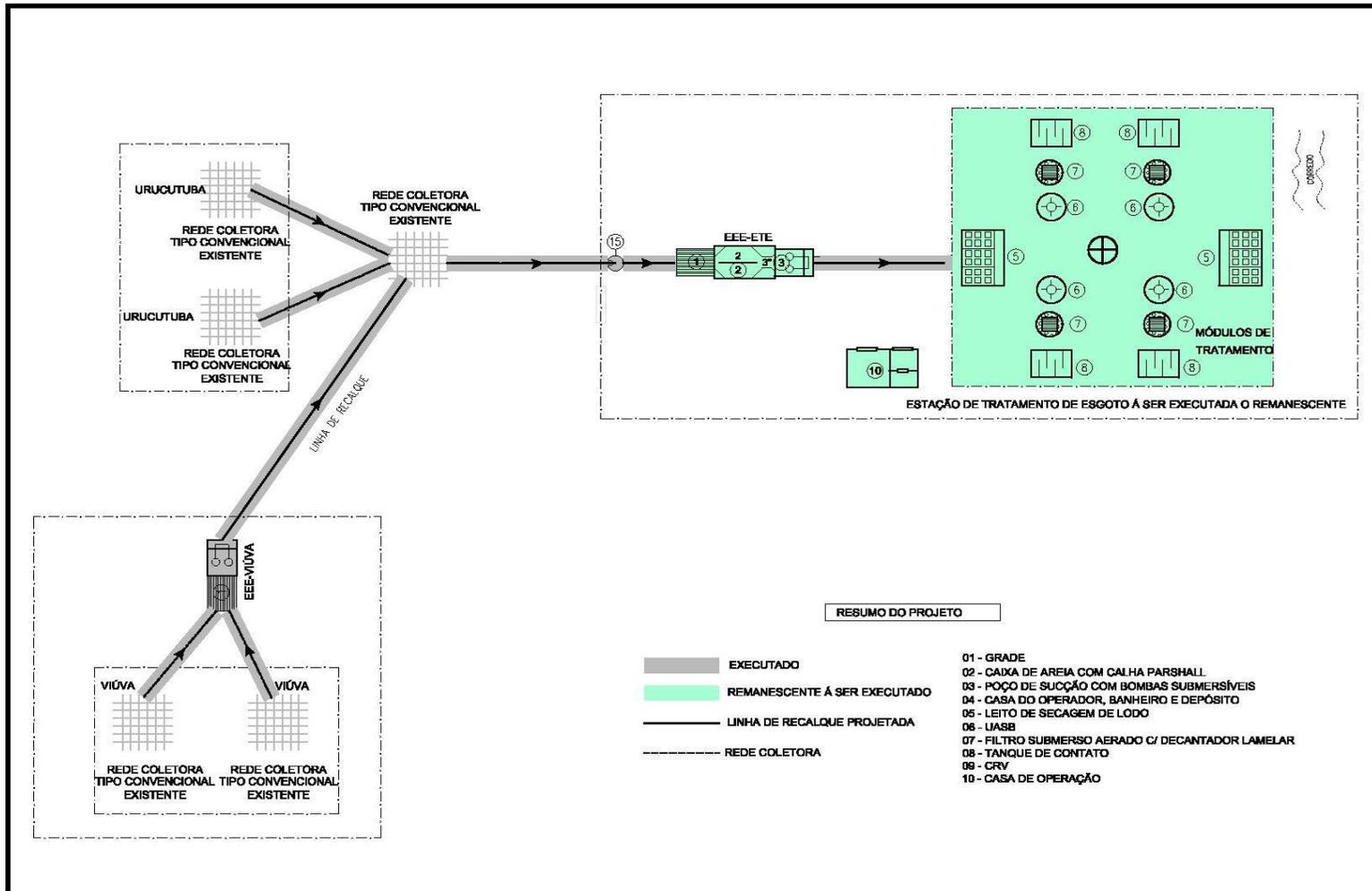
- Foi considerado apenas o remanescente da estação de tratamento de esgoto, já que conforme planta iluminada da GEROB e processo, a rede coletora, estação elevatória, linha de recalque e emissário final da ETE foram executados;
- A adequação se baseou na planta iluminada enviada pela GEROB, na visita técnica, e e-mail, fazendo uma comparação dos serviços executados e o que foi previsto no projeto da Cagece;
- O projeto está sendo elaborado, mantendo-se o mesmo dimensionamento do projeto original, já que os reatores já estão instalados.

Acerca do sistema de esgotamento sanitário, os serviços a serem executados serão os seguintes:

- Elementos internos e externos aos reatores, tais quais, tubulações, peças em fibra, manutenção/correção da fibra externa;
- Equipamentos de proteção (escadas, tampas e guarda-corpos);
- Tubulações de interligação;
- Equipamentos da casa de operação/química/sopradores;
- Substituição da cobertura da elevatória interna da ETE;
- Monovia da elevatória da ETE;
- Guarda-corpo e escada da elevatória da ETE;
- Coberta do leito de secagem;
- Substituição de 100% do meio filtrante do leito de secagem;
- Limpeza do terreno;
- Pintura dos reatores e da casa de operação;
- Melhorias na fibra dos reatores, após os acréscimos de elementos;
- Acréscimo de altura do muro e inclusão da concertina;
- A ETE finalizada, deverá estar conforme o projeto apresentado.

CROQUI

A concepção do sistema é o seguinte: a rede coletora coletará o esgoto do loteamento Açude da Viúva e o encaminhará até a Estação Elevatória de Esgoto (EEE) projetada (denominada sub-bacia 1), que a mesma elevatória recalcará o efluente para a rede projetada paralela a existente do loteamento Tatu Mundê (denominada sub-bacia 2). Esta sub-bacia ainda coletará o esgoto do loteamento Urucutuba, encaminhando todas estas águas residuárias para uma estação elevatória de esgoto localizada dentro da área da ETE projetada. Todo o sistema em questão, com exceção da ETE (estação de tratamento de esgoto), já foi executado, sendo previsto para o projeto em questão, apenas o remanescente da ETE.





Caracterização da Área do Projeto

2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DO PROJETO

2.1 Localização e acesso

O Residencial Tatu Mundê, Viúva e Urucutuba localizam-se no bairro Bom Jardim, entre as sub-bacias SE-03 e SE-04 de Fortaleza-CE. Uma das opções de acesso ao local é pela Av. Osório de Paiva, indo em direção ao município de Maranguape, entrando na Rua Urucutuba à direita, pouco depois de cruzar o Rio Maranguapinho. Após, aproximadamente, 2 km indo direto pela Rua Urucutuba, se pega uma rua à esquerda até chegar ao conjunto habitacional Tatu Mundê (Figura 01).



Figura 01 – Localização do Residencial Tatu Mundê



Elementos para Concepção do Sistema

3 ELEMENTOS PARA CONCEPÇÃO DO SISTEMA

3.1 Estimativa Populacional

Para o presente projeto, foi considerado que os conjuntos habitacionais contemplados serão 100% adensados, por isso, a implantação será feita em etapa única. Foi adotado 5 habitantes por unidade. Foram adotadas as seguintes populações para cada loteamento, estas populações foram consideradas de acordo com as delimitadas em seus respectivos projetos:

Tatu Mundê – 3.720 habitantes

Viúva – 7.720 habitantes

Urucutuba – 3.480 habitantes

Total – 14.920 habitantes

3.2 Vazões de Projeto

Os parâmetros de projeto adotados foram de acordo com os considerados em seus respectivos projetos.

Os parâmetros de dimensionamento utilizados foram os seguintes:

- Consumo per capita Tatu Mundê.....140 L/hab.d
- Consumo per capita Viúva.....140 L/hab.d
- Consumo per capita Urucutuba.....120 L/hab.d
- Coeficiente de retorno (c).....0,80
- Coeficiente do dia de maior consumo (K1).....1,20
- Coeficiente da hora de maior consumo (K2).....1,50
- Coeficiente de consumo mínimo horário (K3).....0,50
- Taxa de infiltração (Tatu Mundê).....0,25 L/s.km
- Taxa de infiltração (Viúva).....0,25 L/s.km
- Taxa de infiltração (Urucutuba).....0,10 L/s.km

As vazões foram calculadas a partir das seguintes equações:

$$\text{Vazão mínima: } Q_{\min} = \frac{K_3 \times P_r \times c \times q_r}{86400} + L_{\text{rede}} \times T_{\text{inf}} \text{ (L/s)}$$

$$\text{Vazão média: } Q_{\text{med}} = \frac{c \times P_r \times q_r}{86400} + L_{\text{rede}} \times T_{\text{inf}} \text{ (L/s)}$$

$$\text{Vazão máxima: } Q_{\max} = \frac{K_1 \times K_2 \times P_r \times c \times q_r}{86400} + L_{\text{rede}} \times T_{\text{inf}} \text{ (L/s)}$$

Onde:

P_r = população residencial;

L_{rede} = extensão total da rede coletora;

Os valores das vazões de projeto estão mostrados na Tabela 01.

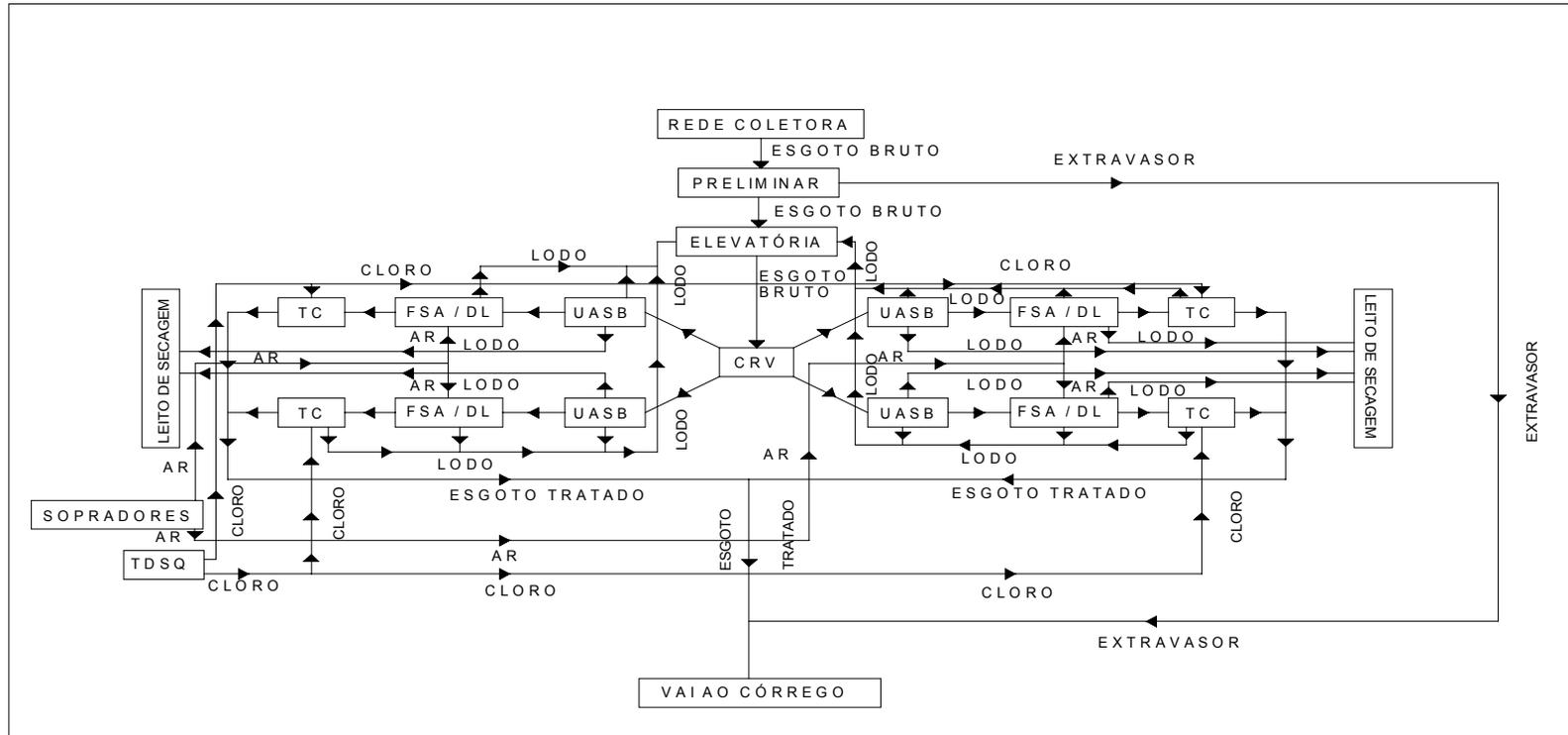
Tabela 01 – Vazões de projeto

| Loteamento | Q_{\min} (L/s) | Q_{med} (L/s) | Q_{\max} (L/s) |
|------------|------------------|------------------------|------------------|
| Tatu mundê | 3,21 | 5,62 | 9,48 |
| Viúva | 5,68 | 10,68 | 18,69 |
| Urucutuba | 2,15 | 4,08 | 7,18 |
| TOTAL | 11,04 | 20,38 | 35,35 |

3.3 Considerações de Projeto

3.3.1 Estação de Tratamento de Esgoto

A estação de tratamento de esgoto foi projetada para atender aos loteamentos Tatu Mundê, Viúva e Urucutuba. A estação consta de unidade de tratamento preliminar (grade, caixa de areia, calha Parshall), estação elevatória, CRV, UASB, Filtro Submerso Aerado (FSA), Decantador Lamelar (DL), Tanque de Contato (TC), leito de secagem (LS), Sopradores (SPR) e Tanques de cloro (TDSQ). Segue abaixo o fluxograma da Estação de tratamento proposta.



Fluxograma da Estação de Tratamento de Esgoto



Projeto do Sistema Adotado

4 PROJETO DO SISTEMA ADOTADO

4.1 Considerações de Projeto

4.1.1 Rede Coletora de Esgoto

A rede coletora já se encontra executada, não sendo mais necessária a apresentação desta neste projeto.

4.1.2 Estação Elevatória de Esgoto

As EEE's foram projetadas para população de saturação dos conjuntos habitacionais.

A estação elevatória que recebe os esgotos do açude da viúva consta de gradeamento, poço de sucção, conjunto de bombas e linha de recalque, esta elevatória já se encontra executada, não sendo necessária a apresentação da mesma neste projeto.

A estação elevatória que recebe os esgotos dos loteamentos contemplados localizada na área da ETE consta de gradeamento, caixa de areia, calha parshall, poço de sucção, conjunto de bombas e linha de recalque.

No início do sistema preliminar de tratamento de cada elevatória, existe uma grade média para remoção de sólidos grosseiros, que deve ser limpa constantemente para evitar o acúmulo de sujeira e, conseqüentemente, o afogamento do canal das grades.

Os poços de sucção possuem dimensões que atendem ao mesmo tempo às necessidades de projeto e à operacionalidade do sistema (sendo de poço duplo a EEE localizada na área da ETE). As bombas de projeto são submersíveis, sendo uma ativa e outra rodízio e/ou reserva. As características do poço de sucção e das bombas estão apresentadas no memorial de cálculo.

4.1.3 Estação de Tratamento

O Sistema de Tratamento de Esgotos Sanitário proposto será composto de uma unidade preliminar contendo gradeamento, para retenção dos sólidos grosseiros; Caixa de Areia (CA) destinada à remoção de materiais inertes, principalmente a areia, componente inconveniente existente em sistemas de esgotos, devido ao seu caráter abrasivo nas

unidades de depuração e contributivo aos problemas relativos principalmente às interrupções de fluxo nos condutos (obstruções); e calha Parshall para medição de vazão.

Após o tratamento preliminar, o esgoto é direcionado a um poço de sucção onde o mesmo é bombeado para a CRV para distribuir igualmente o esgoto para as unidades de tratamento primárias. Os conjuntos motor-bomba instalados na estação elevatória são do tipo submersíveis, sendo um ativo e mais um para reserva e/ou rodízio.

Em seqüência, será utilizado um tratamento biológico com um UASB, seguido de um Filtro Submerso Aerado (FSA) que acopla um Decantador Lamelar (DL) com posterior desinfecção do efluente no tanque de contato, antes de seu lançamento no corpo receptor, no caso, um córrego próximo ao local da ETE.

A primeira unidade, de características anaeróbias, corresponde a um reator de manta de lodo de fluxo ascendente, também conhecido como UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*). O objetivo do reator é a redução de grande parte da carga orgânica biodegradável e a conversão do nitrogênio orgânico para a sua forma amoniacal, objetivos, esses, bastantes favoráveis na região Nordeste, onde temos a temperatura dos esgotos sempre acima de 25°C).

O funcionamento do sistema se inicia com a entrada da água residuária pelo fundo da unidade, promovendo uma mistura do material orgânico do esgoto presente na zona de digestão. Com a digestão anaeróbia, obtém-se o crescimento do lodo e a formação de biogás. O líquido continua seu percurso ascendente e passará pelas aberturas existentes no separador de fases, entrando na zona de decantação. Os flocos que, por ventura, forem arrastados formarão partículas pesadas que tenderão a retornar a zona de digestão, resultando num efluente com baixos teores de sólidos sedimentáveis. O lodo digerido formado é encaminhado para os leitos de secagem onde é feita a sua desidratação. Após seco, o lodo é encaminhado para contêineres e, posteriormente, enviado para o aterro sanitário, juntamente com o lixo da comunidade.

A melhoria de qualidade do efluente do UASB em nível secundário será obtida através da aplicação de um reator biológico aeróbio de filme fixo, no caso um Filtro Submerso Aerado (FSA), empregado como tratamento em nível secundário de esgotos. Na prática, esse tipo de unidade é constituído de um tanque, onde em seu interior existirá um enchimento (meio suporte). São caracterizados como reatores que possuem três fases denominadas:

- Fase sólida: constituída do enchimento e por colônias de microrganismos que nele se desenvolvem, sob a forma de filme biológico (biofilme);
- Fase líquida: composta pelo líquido que percola através do meio suporte;
- Fase gasosa: formada pela aeração artificial e, em menor escala, pelos gases produzidos pelo processo biológico.

Como o enchimento não retém a biomassa, necessita-se de um decantador a jusante do reator. Para tanto, o efluente do FSA passará por uma unidade de decantação de alta taxa de fluxo laminar, obtido com o uso de placas paralelas, denominado Decantador Lamelar (DL).

A aeração do filtro será feita através de difusores equivalentes às bolhas finas, colocadas na parte inferior do filtro, alimentadas por ar vindo de sopradores. O lodo produzido nessa última unidade será encaminhado para o leito de secagem ou retorna ao início do processo (EEE).



Memorial de Cálculo

5 MEMORIAL DE CÁLCULO

5.1 Tratamento Preliminar da EEE da ETE

CARACTERÍSTICAS GERAIS

DADOS GERAIS

| | |
|---|-----------|
| Q_{\min} = Vazão mínima afluyente (início de plano) | 11,02 L/s |
| Q_{med} = Vazão média afluyente (10 anos) | 20,36 L/s |
| Q_{\max} = Vazão máxima afluyente (20 anos) | 35,32 L/s |

DADOS DA GRADE

| | |
|---|------------|
| s = Seção das barras da grade | 10 x 40 mm |
| l = Espessura das barras | 10 mm |
| d = Espaçamento entre barras | 25 mm |
| U_g = Velocidade através da grade | 0,60 m/s |
| a = ângulo de inclinação das barras | 45 ° |
| t = tempo de detenção no canal da grade | 3 s |

DADOS DA CAIXA DE AREIA

| | |
|---|----------|
| U = Velocidade ideal máxima dos esgotos na caixa de areia | 0,40 m/s |
| R = Taxa de retenção de material mineral pesado na caixa de areia | 0,00003 |
| i = intervalo entre limpezas na caixa de areia | 15 dias |

DADOS DA CALHA PARSHALL

| | |
|---|-------|
| W = Largura da garganta da Calha Parshall | 3 pol |
| λ = Coeficiente adimensional em função da garganta da calha, no sistema métrico | 0,176 |
| n = Expoente adimensional em função da garganta da calha, no sistema métrico | 1,547 |

CÁLCULO DA CALHA PARSHALL

CÁLCULO DAS LÂMINAS D'ÁGUA MÁXIMA, MÉDIA E MÍNIMA

Para o cálculo da calha Parshall, deve-se verificar as alturas das lâminas máxima, média e mínima, medida a 2/3 da seção convergente da calha Parshall. O cálculo destas lâminas será feito através da equação (Azevedo Netto - 1998) a seguir:

$$H = \sqrt[n]{\frac{Q}{K}}$$

Onde:

| | |
|---|---------------------------|
| H_{\min} = Altura mínima da lâmina de esgoto | --- |
| H_{med} = Altura média da lâmina de esgoto | --- |
| H_{\max} = Altura máxima da lâmina de esgoto | --- |
| Q_{\min} = Vazão mínima afluente | 0,01102 m ³ /s |
| Q_{med} = Vazão média afluente | 0,02036 m ³ /s |
| Q_{\max} = Vazão máxima afluente | 0,03532 m ³ /s |
| k = Coeficiente adimensional em função da garganta da calha, na unidade métrica | 0,176 |
| n = Expoente adimensional em função da garganta da calha, na unidade métrica | 1,547 |
| H_{\min} = Altura mínima da lâmina de esgoto | 0,170 m |
| H_{med} = Altura média da lâmina de esgoto | 0,250 m |
| H_{\max} = Altura máxima da lâmina de esgoto | 0,350 m |

CÁLCULO DO REBAIXAMENTO DA GARGANTA DA CALHA PARSHALL

A forma da seção ideal para o canal da caixa de areia é parabólica. Porém, para facilidade construtiva, pode-se adaptar o canal para uma forma retangular desde que haja um rebaixo na Calha Parshall com relação à soleira do canal de sedimentação. Este rebaixo fará com que a variação da velocidade seja tolerável (Sérgio Rolim - 1990). A equação, a seguir, calcula este rebaixo:

$$Z = \frac{(Q_{\max} \cdot H_{\min}) - (Q_{\min} \cdot H_{\max})}{Q_{\max} - Q_{\min}}$$

Onde:

| | |
|--|---------------------------|
| Z = Rebaixo da garganta da Calha Parshall | --- |
| Q_{\min} = Vazão mínima afluente | 0,01102 m ³ /s |
| Q_{\max} = Vazão máxima afluente | 0,03532 m ³ /s |
| H_{\min} = Altura mínima da lâmina de esgoto | 0,170 m |
| H_{\max} = Altura máxima da lâmina de esgoto | 0,350 m |

O rebaixamento a ser dado para implementação da Calha Parshall é:

Z = Rebaixamento da garganta da Calha Parshall 0,090 m

CÁLCULO DA CAIXA DE AREIA

CÁLCULO DA LÂMINA D'ÁGUA MÁXIMA NA CAIXA DE AREIA

A lâmina de esgoto máxima na caixa de areia é aquela produzida pela vazão máxima no medidor Parshall, subtraindo-se o rebaixamento (Sérgio Rolim - 1990).

$$h_{\max} = H_{\max} - Z$$

Onde:

| | |
|--|---------|
| h_{\max} = Lâmina de esgoto máxima na caixa de areia | --- |
| H_{\max} = Lâmina de esgoto máxima na calha Parshall | 0,350 m |
| Z = Rebaixamento da garganta da calha Parshall | 0,090 m |

O resultado deste cálculo é:

| | |
|--|---------|
| h_{\max} = Lâmina de esgoto máxima na caixa de areia | 0,260 m |
|--|---------|

CÁLCULO DA LARGURA DO CANAL DA CAIXA DE AREIA

A largura da caixa de areia deve ser tal que a velocidade do fluxo não ultrapasse aquela recomendada em projeto. A Norma Brasileira limita em 0,40 m/s a velocidade do fluxo, quando a caixa estiver operando em vazão máxima. Assim, a largura da caixa de areia é função da vazão máxima, da altura da lâmina de esgoto na caixa de areia e da velocidade do fluxo na caixa (adotada). A equação (José Alves Nunes - 2001), a seguir, calcula a largura do Desarenador:

$$b = \frac{Q_{\max}}{h_{\max} U}$$

Onde:

| | |
|--|---------------------------|
| b = Largura do canal da caixa de areia | --- |
| Q_{\max} = Vazão máxima afluyente | 0,03532 m ³ /s |
| h_{\max} = Lâmina de esgoto máxima na caixa de areia | 0,260 m |
| U = Velocidade do esgoto na caixa de areia | 0,40 m/s |

Desta forma, a largura a ser empregada para a caixa de areia é:

| | |
|--|---------|
| b = Largura do canal da caixa de areia | 0,340 m |
| b = Largura do canal da caixa de areia (adotado) | 0,350 m |

CÁLCULO DA ÁREA TRANSVERSAL ÚTIL DA CAIXA DE AREIA

A área transversal útil da caixa de areia diz respeito àquela por onde passa efetivamente o fluxo de esgoto. A equação, a seguir, calcula esta área:

$$S = h_{\max} \times b$$

Onde:

| | |
|--|---------|
| S = Área transversal útil da caixa de areia | --- |
| h_{\max} = Lâmina de esgoto máxima na caixa de areia | 0,260 m |
| b = Largura do canal da caixa de areia | 0,350 m |

O resultado deste cálculo é:

| | |
|---------------------------|------------------------|
| S = Área transversal útil | 0,09100 m ² |
|---------------------------|------------------------|

CÁLCULO DO COMPRIMENTO DA CAIXA DE AREIA

Segundo E. P. Jordão (1995), o funcionamento da caixa de areia está condicionado ao comportamento do fluxo de esgoto ao longo da câmara de sedimentação. O trajeto da partícula do material mineral pesado é função da velocidade de sedimentação (para partículas com diâmetro < 0,2 mm e densidade 2,65, $U = 0,02$ m/s) e da velocidade crítica do fluxo longitudinal.

Segundo Sérgio Rolim (1990), na prática, adota-se a seguinte equação:

$$L = 22,5(H_{\max} - Z)$$

Onde:

| | |
|--|---------|
| L = Comprimento da caixa de areia | --- |
| H_{\max} = Altura máxima da lâmina de esgoto | 0,350 m |
| Z = Rebaixamento da garganta da calha Parshall | 0,090 m |

Desta forma, o comprimento da caixa de areia é:

| | |
|---|---------|
| L = Comprimento da caixa de areia | 5,850 m |
| L = Comprimento da caixa de areia (adotado) | 6,000 m |

CÁLCULO DA ÁREA SUPERFICIAL

A área superficial da caixa de areia pode ser obtida pela seguinte equação:

$$A = b * L$$

Onde:

| | |
|--|---------|
| A = Área superficial da caixa de areia | --- |
| b = Largura do canal da caixa de areia | 0,340 m |
| L = Comprimento da caixa de areia | 6,000 m |

O resultado deste cálculo é:

| | |
|--|------------------------|
| A = Área superficial da caixa de areia | 2,04000 m ² |
|--|------------------------|

CÁLCULO DA QUANTIDADE DIÁRIA DE MATERIAL RETIDO NO CANAL

Segundo E. P. Jordão (1995), o valor médio do volume de material mineral pesado removido pela caixa de areia em função do volume de esgoto tratado (V_a/V_e) deve estar compreendido entre 2 e 4 m³ / 100.000 m³, ou seja $0,00002 < R < 0,00004$.

$$M_r = Q_{\text{med}} R$$

Onde:

| | |
|--|------------------------------|
| M_r = Volume diário de material retido na caixa de areia | --- |
| Q_{med} = Vazão média afluyente | 1.759,10 m ³ /dia |
| R = Taxa de retenção na caixa de areia adotada | 0,00003 |

O material removido pela caixa de areia possui o seguinte volume:

| | |
|--|-----------------------------|
| M_r = Volume diário de material retido na caixa de areia | 0,05277 m ³ /dia |
|--|-----------------------------|

CÁLCULO DO VOLUME DE ACUMULAÇÃO DA CAIXA DE AREIA

O volume de acumulação é proporcional ao tempo entre limpezas da caixa de areia e o volume acumulado diariamente. Ver equação a seguir:

$$V_{\text{acum}} = i \times M_r$$

Onde:

V_{acum} = Volume de acumulação de material na caixa de areia

i = Intervalo entre limpezas

15 dias

M_r = Volume diário de material retido na caixa de areia

0,05277 m³/dia

O resultado deste cálculo é:

V_{acum} = Volume de acumulação de material na caixa de areia

0,79155 m³

CÁLCULO DA PROFUNDIDADE NECESSÁRIA PARA ACUMULAÇÃO DO MATERIAL

A profundidade necessária para o acúmulo de material que sedimenta na caixa de areia no intervalo entre limpezas pode ser obtida pela seguinte equação:

$$H_{\text{acum}} = \frac{V_{\text{acum}}}{A}$$

Onde:

H_{acum} = Profundidade para acumulação de material

V_{acum} = Volume de acumulação de material na caixa de areia

0,792 m³

A = Área superficial da caixa de areia

2,040 m²

O resultado deste cálculo é:

H_{acum} = Profundidade para acumulação de material

0,390 m

CÁLCULO DA GRADE

As grades são dispositivos formados por barras metálicas, paralelas, de mesma espessura e igualmente espaçadas. Destinam-se à remoção de sólidos grosseiros em suspensão e corpos flutuantes. Tem a finalidade de proteção dos equipamentos do sistema de esgotamento (R. C. Souto - 1990).

Neste projeto, optou-se por uma grade média, com seção transversal de 10 x 40 mm, com espaçamento de 25 mm e com inclinação de 45° com a horizontal.

VERIFICAÇÃO DA VELOCIDADE DO FLUXO ENTRE AS BARRAS

A área útil é a razão entre a vazão máxima afluyente e a velocidade do escoamento entre as barras. Valores ideais para a velocidade do fluxo entre as barras deve estar entre 0,40 e 0,75 m/s (José Alves Nunes - 2001), sendo mais utilizada a velocidade de 0,60 m/s.

$$A_U = \frac{Q}{U_g}$$

Onde:

| | |
|---|---------------------------|
| A_U = Área útil da grade | --- |
| Q_{max} = Vazão máxima afluyente | 0,03532 m ³ /s |
| U_g = Velocidade adotada para o fluxo entre as barras | 0,60 m/s |

O resultado deste cálculo está apresentado abaixo:

| | |
|----------------------------|------------------------|
| A_U = Área útil da grade | 0,05887 m ² |
|----------------------------|------------------------|

CÁLCULO DA EFICIÊNCIA DA GRADE DA GRADE

O termo eficiência da grade tem sido expresso pela equação a seguir. Esta eficiência foi tabelada por Azevedo Netto em 1973 e é função da espessura das barras e do afastamento entre elas.

$$E = \frac{d}{d + l}$$

Onde:

| | |
|---|-------|
| E = Eficiência da grade segundo Azevedo Netto | --- |
| l = Espessura das barras | 10 mm |
| d = Espaçamento entre barras | 25 mm |

A eficiência, assim, calculada foi:

| | |
|---|-------|
| E = Eficiência da grade segundo Azevedo Netto | 0,710 |
|---|-------|

CÁLCULO DA ÁREA DA SEÇÃO DO CANAL DA GRADE

A área da seção do canal da grade pode ser expressa (José Alves Nunes - 2001) em função da eficiência das grades.

$$A_C = \frac{A_U}{E}$$

Onde:

| | |
|---|----------------------|
| A_C = Área da seção do canal da grade | --- |
| A_U = Área útil da grade | 0,059 m ² |
| E = Eficiência da grade segundo Azevedo Netto | 0,710 |

Desta forma, a seção do canal da grade terá a seguinte área:

| | |
|---|------------------------|
| A_C = Área da seção do canal da grade | 0,08292 m ² |
|---|------------------------|

CÁLCULO DA VELOCIDADE NO CANAL DE ACESSO À GRADE

A velocidade no canal de acesso à grade pode ser expressa pela equação (E. P. Jordão - 1995) a seguir:

$$U_0 = \frac{Q_{\max}}{A_C}$$

Onde:

| | |
|--|---------------------------|
| V_0 = Velocidade do fluxo no canal de acesso à grade | --- |
| Q_{\max} = Vazão máxima afluyente | 0,03532 m ³ /s |
| A_C = Área da seção do canal da grade | 0,08292 m ² |

O resultado deste cálculo é:

| | |
|--|-----------|
| U_0 = Velocidade do fluxo no canal de acesso à grade | 0,426 m/s |
|--|-----------|

CÁLCULO DO COMPRIMENTO DO CANAL DE ACESSO À GRADE

Segundo R. C. Souto (1990), o comprimento do canal de acesso deve ser tal que evite o turbilhonamento junto à grade. Este comprimento é função do tempo de detenção adotado para este canal e da vazão média afluyente. Ver Equação a seguir.

$$L_g = \frac{Q_{\max} t}{A_C}$$

Onde:

| | |
|--|---------------------------|
| L_g = Comprimento do canal de acesso à grade | --- |
| Q_{\max} = Vazão máxima afluyente | 0,03532 m ³ /s |
| t = tempo de detenção no canal da grade | 3 s |
| A_C = Área da seção do canal da grade | 0,08292 m ² |

O resultado deste cálculo é:

| | |
|--|---------|
| L_g = Comprimento do canal de acesso à grade | 1,280 m |
| L_g = Comprimento do canal de acesso à grade (adotado) | 1,300 m |

CÁLCULO DA PERDA DE CARGA NA GRADE

Segundo E. P. Jordão (1995), a determinação da perda de carga na grade de barras deverá considerar o modelo selecionado, o tipo de operação de limpeza, localização e detalhes construtivos. A perda de carga pode ser calculada considerando-se que o comportamento hidráulico é idêntico ao escoamento através de orifício. Ver equação a seguir:

$$h_f = 1,43 \times \frac{U_g^2 - U_0^2}{2 \times g}$$

Onde:

| | |
|---|-----------------------|
| h_f = Perda de carga na grade | --- |
| U_g = Velocidade adotada para o fluxo entre as barras | 0,60 m/s |
| U_0 = Velocidade do fluxo no canal de acesso à grade | 0,43 m/s |
| g = Constante de aceleração da gravidade | 9,81 m/s ² |

A perda de carga na grade, assim, calculada foi:

| | |
|---|-----------|
| h_f = Perda de carga na grade | 0,01301 m |
| h_f = Perda de carga na grade (adotada) | 0,15 m |

CÁLCULO DA LARGURA TEÓRICA DO CANAL DA GRADE

A largura teórica do canal da grade é função da área do canal e da altura máxima da caixa de areia. A equação a seguir calcula esta largura:

$$b_g = \frac{A_c}{(H_{\max} - Z)}$$

Onde:

| | |
|--|------------------------|
| b_g = Largura teórica do canal de acesso à grade | --- |
| A_c = Área da seção do canal da grade | 0,08292 m ² |
| H_{\max} = Altura máxima da lâmina d'água | 0,350 m |
| Z = Rebaixamento da garganta da calha Parshall | 0,090 m |

O resultado deste cálculo é:

| | |
|--|---------|
| b_g = Largura teórica do canal de acesso à grade | 0,320 m |
| b_g = Largura teórica do canal de acesso à grade (adotada) | 0,35 m |

CÁLCULO DO NÚMERO DE BARRAS NA GRADE

O número de barras na grade é função da largura do canal da grade, da espessura da barra e do afastamento entre elas. A equação (José Alves Nunes - 2001), a seguir, calcula a quantidade de barras:

$$N = \frac{b_g}{l + d}$$

Onde:

| | |
|--|--------|
| N = Número de barras na grade | --- |
| b_g = Largura teórica do canal de acesso à grade | 350 mm |
| l = Espessura das barras | 10 mm |
| d = Espaçamento entre barras | 25 mm |

O resultado deste cálculo é:

| | |
|---------------------------------|-----------|
| N = Número de barras na grade | 10 barras |
|---------------------------------|-----------|

CÁLCULO DA LARGURA REAL DO CANAL DA GRADE

A princípio, calcula-se a largura teórica do canal da grade pra se obter o número de barras. Após esta etapa, com o número de barras adotado, a espessura de cada barra e o espaçamento entre elas, pode se obter a largura real do canal. Vale salientar que esta largura deve ser maior que o diâmetro da tubulação de chegada (José Alves Nunes - 2001).

Onde:

| | | |
|--|-----------------------------|-----|
| B_g = Largura real do canal da grade | $B_g = N(l) + (N - 1)d + d$ | --- |
|--|-----------------------------|-----|

| | |
|-------------------------------|-----------|
| N = Número de barras na grade | 10 barras |
| l = Espessura das barras | 0,010 m |
| d = Espaçamento entre barras | 0,025 m |

A largura do canal da grade será:

| | |
|--|--------|
| B_g = Largura real do canal da grade | 0,35 m |
| B_g = Largura real do canal da grade (adotado) | 0,35 m |

CÁLCULO DO COMPRIMENTO DA GRADE

Finalmente, o cálculo do comprimento da barra, que é função do ângulo de inclinação adotado, do diâmetro da canalização de chegada do efluente, da perda de carga da grade quando a obstrução atinge 50% e da profundidade adotada do fundo do canal da grade em relação a geratriz da canalização afluyente (José Alves Nunes - 2001).

| | | |
|--|----------------------------------|---------|
| Onde: | $x = \frac{h_v}{\text{sen } 45}$ | --- |
| x = Comprimento da grade | | 0,810 m |
| $h_v = h_{\text{max}} + h_f + D + 0,10$ | | |
| h_{max} = Altura máxima da lâmina de esgoto antes do rebaixo do desarenador (caixa) | | 0,26 m |
| h_f = Perda de carga | | 0,150 m |
| D = Diâmetro da canalização de chegada do efluente | | 0,30 m |
| Profundidade adotada do fundo do canal da grade | | 0,1 m |

Portanto, o comprimento da grade será:

| | |
|--------------------------|---------|
| x = Comprimento da grade | 1,146 m |
|--------------------------|---------|

RESUMO DO DIMENSIONAMENTO

GRADE

| | |
|--|------------|
| s = Seção das barras da grade | 10 x 40 mm |
| d = Espaçamento entre barras | 25 mm |
| a = ângulo de inclinação das barras | 45 ° |
| L_g = Comprimento do canal de acesso à grade | 1,30 m |
| B_g = Largura real do canal da grade | 0,350 m |
| N = Número de barras na grade | 10 barras |
| Largura real da grade | 0,325 m |
| x = Comprimento mínimo da grade | 1,146 m |

CAIXA DE AREIA

| | |
|--|---------|
| i = intervalo entre limpezas da caixa de areia | 15 dias |
| h_{max} = Lâmina d'água máxima na caixa de areia | 0,260 m |
| b = Largura do canal da caixa de areia | 0,350 m |
| L = Comprimento da caixa de areia | 6,000 m |
| H_{acum} = Profundidade para acumulação de material | 0,390 m |

DADOS DA CALHA PARSHALL

| | |
|---|-------|
| W = Largura da garganta da Calha Parshall | 3 pol |
|---|-------|

| | |
|--|---------|
| H_{\min} = Altura mínima da lâmina de esgoto | 0,170 m |
| H_{\max} = Altura máxima da lâmina de esgoto | 0,350 m |
| Z = Rebaixamento da garganta da Calha Parshall | 0,090 m |

5.2 Estação Elevatória de Esgoto da ETE

Vazões de Projeto

As vazões de projeto afluentes à estação elevatória são apresentadas no quadro a seguir:

| Etapa | Ano | Vazão (L/s) | | |
|-------|-------|-------------|-------|--------|
| | | Mínima | Média | Máxima |
| ÚNICA | ATUAL | 11,04 | 20,38 | 35,35 |

Tubulação de Recalque

O diâmetro da tubulação de recalque (D) foi selecionado através da fórmula de Bresse:

$$D = K \times \sqrt{Q}$$

onde:

K = coeficiente (adotado)

1,2

Q = vazão máxima afluente (m³/s)

A velocidade na tubulação (v) é assim calculada:

$$v = Q / (\rho \times D^2 / 4)$$

Os diâmetros e as velocidades resultantes são indicados no quadro abaixo:

| Trecho | D (mm) | | v (m/s) |
|-------------------|-----------|---------|---------|
| | Calculado | Adotado | |
| Subida | 226 | 200 | 1,13 |
| Barrilete | 226 | 200 | 1,13 |
| Linha de recalque | 226 | 200 | 1,13 |

As velocidades obtidas atendem ao intervalo de 0,60 a 2,50 m/s recomendado.

Porém, será mantido o diâmetro de 200 mm para o recalque, na tubulação de recalque.

Perdas de Carga

a) Perda de Carga Contínua

A perda de carga contínua (h_{fc}) é dada pela fórmula de Hazen-Williams:

$$h_{fc} = 10,643 \times Q^{1,85} \times C^{-1,85} \times D^{-4,87} \times L$$

onde:

Q = vazão de bombeamento (m^3/s)

C = coeficiente de rugosidade

D = diâmetro da tubulação (m)

L = extensão da tubulação (m)

As perdas de carga contínuas, para tubulação nova e para tubulação velha, são obtidas conforme o quadro a seguir:

| Trecho | D (mm) | L (m) | C | | $h_{fc} (Q^{1,85})$ | |
|-------------------|--------|-------|-----------|------------|---------------------|------------|
| | | | Tubo novo | Tubo velho | Tubo novo | Tubo velho |
| Subida | 200 | 3,00 | 130 | 100 | 9,94 | 16,15 |
| Barrilete | 200 | 2,00 | 130 | 100 | 6,63 | 10,77 |
| Linha de recalque | 200 | 10,00 | 130 | 100 | 33,13 | 53,83 |
| Total | | | | | 49,70 | 80,75 |

b) Perda de Carga Localizada

A perda de carga localizada (h_{fl}) é calculada pela seguinte fórmula:

$$h_{fl} = Sk \times v^2 / 2g$$

onde:

k = coeficiente relativo às perdas de carga nas singularidades

v = velocidade na tubulação (m/s)

g = aceleração da gravidade (m/s^2)

Os valores dos somatórios do coeficiente k foram obtidos conforme o quadro a seguir:

| Tipo de singularidade | Subida | | Barrilete | | Linha de recalque | |
|-----------------------|--------|------|-----------|------|-------------------|------|
| | Quant. | k | Quant. | k | Quant. | k |
| Ampliação gradual | 1 | 0,30 | | 0,00 | | 0,00 |
| Curva de 90° | 2 | 0,80 | 3 | 1,20 | 4 | 1,60 |
| Curva de 45° | | 0,00 | | 0,00 | 1 | 0,20 |
| Curva de 22°30' | | 0,00 | | 0,00 | 1 | 0,10 |
| Curva de 11°15' | | 0,00 | | 0,00 | | 0,00 |
| Entrada de Borda | | 0,00 | | 0,00 | | 0,00 |
| Entrada normal | | 0,00 | | 0,00 | | 0,00 |
| Junção de 45° | | 0,00 | | 0,00 | | 0,00 |
| Redução gradual | | 0,00 | | 0,00 | | 0,00 |
| Registro de gaveta | | 0,00 | 2 | 0,40 | | 0,00 |
| Saída de canalização | | 0,00 | | 0,00 | 1 | 1,00 |
| Tê de passagem direta | | 0,00 | 2 | 1,20 | | 0,00 |
| Tê de saída lateral | | 0,00 | | 0,00 | | 0,00 |
| Válvula de retenção | | 0,00 | 1 | 2,50 | | 0,00 |
| Sk | | 1,10 | | 5,30 | | 2,90 |

As perdas de carga localizadas são determinadas no quadro a seguir:

| Trecho | Sk | D (mm) | v (Q m/s) | h_{fi} (Q ²) |
|-------------------|------|--------|-----------|----------------------------|
| Subida | 1,10 | 200 | 31,85 | 56,86 |
| Barrilete | 5,30 | 200 | 31,85 | 273,98 |
| Linha de recalque | 2,90 | 200 | 31,85 | 149,91 |
| Total | | | | 480,76 |

Altura Geométrica

As alturas geométricas (H_g) mínima e máxima são dadas, respectivamente, por:

$$H_{g,\min} = C_{lan\grave{c}} - NA_{\max} \quad e \quad H_{g,\max} = C_{lan\grave{c}} - NA_{\min}$$

onde:

| | |
|---|----------|
| $C_{lan\grave{c}}$ = cota de lançamento do esgoto | 28,400 m |
| $NA_{m\acute{a}x}$ = cota do nível máximo no poço de sucção | 19,310 m |
| $NA_{m\acute{i}n}$ = cota do nível mínimo no poço de sucção | 18,510 m |

Sendo assim, tem-se:

| | |
|--|--------|
| $H_{g,m\acute{i}n}$ = altura geométrica mínima | 9,09 m |
| $H_{g,m\acute{a}x}$ = altura geométrica máxima | 9,89 m |

Altura Manométrica

A altura manométrica (H_m) é dada por:

$$H_m = H_g + h_{fc} + h_{fi}$$

Logo, as expressões representativas da altura manométrica são as seguintes:

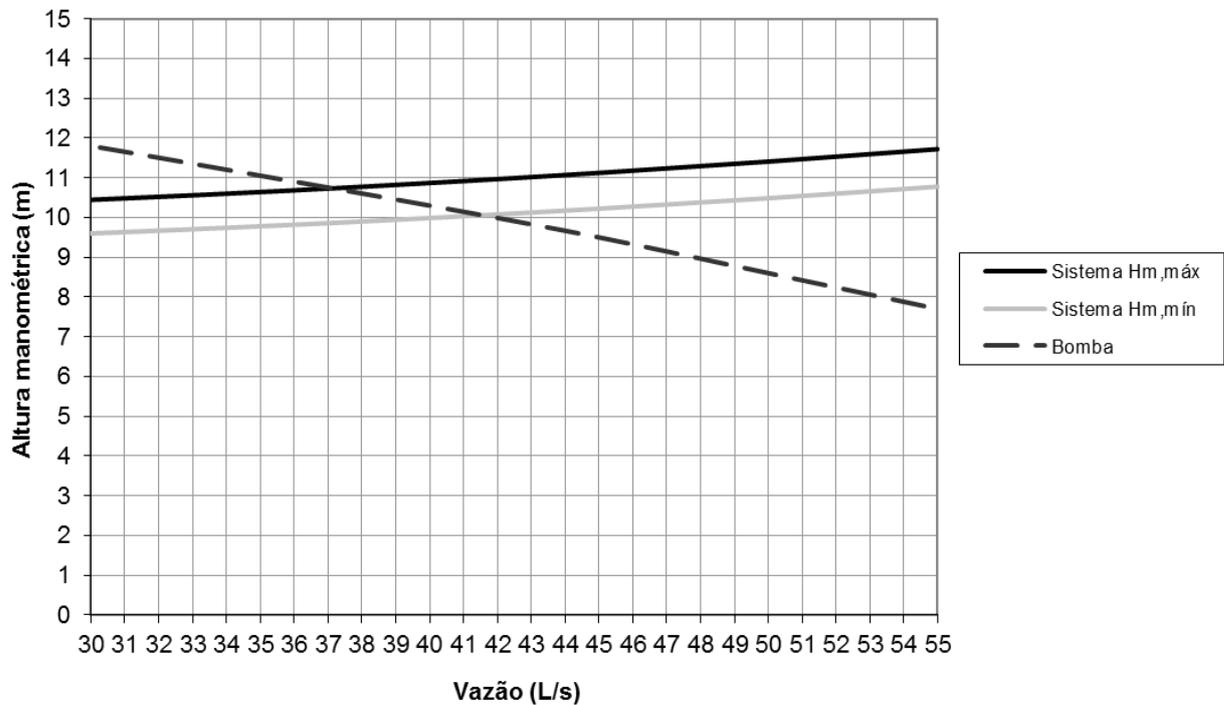
$$H_{m,m\acute{i}n} = 9,09 + 49,70 + \frac{Q^{1,85}}{480,76} Q^2$$

$$H_{m,m\acute{a}x} = 9,89 + 80,75 + \frac{Q^{1,85}}{480,76} Q^2$$

Curvas do Sistema e Pontos de Operação

Os pontos das curvas características do sistema são determinados no quadro a seguir:

| Q (L/s) | H _{m,mín} (m) | H _{m,máx} (m) |
|---------|------------------------|------------------------|
| 0,00 | 9,09 | 9,89 |
| 5,00 | 9,10 | 9,91 |
| 10,00 | 9,15 | 9,95 |
| 15,00 | 9,22 | 10,03 |
| 20,00 | 9,32 | 10,14 |
| 25,00 | 9,44 | 10,28 |
| 30,00 | 9,60 | 10,45 |
| 35,35 | 9,79 | 10,66 |
| 40,00 | 9,99 | 10,87 |
| 45,00 | 10,22 | 11,12 |
| 50,00 | 10,49 | 11,41 |
| 55,00 | 10,78 | 11,72 |



Os pontos de operação, obtidos pelas interseções das curvas, são os seguintes:

| Parâmetro | $H_{m,min}$ | $H_{m,máx}$ |
|--------------------------------|-------------|-------------|
| Q = vazão (L/s) | 41,50 | 37,50 |
| H_m = altura manométrica (m) | 10,00 | 10,80 |

Conjunto Motor-Bomba

Será adotado conjunto motor-bomba com as seguintes características:

| | |
|---------------------|---------------|
| Tipo | Submersível |
| Número de bombas | 1 + 1 reserva |
| Potência nominal | 7,5 CV |
| Vazão | 37,50 L/s |
| Altura manométrica | 10,80 m |
| Rotação | 1.750 rpm |
| Passagem de sólidos | 76 mm |
| Rendimento | 62 % |

Poço de Sucção

a) Volume Útil

O volume útil do poço de sucção (V_u) é estimado pela seguinte expressão:

$$V_u = 2,5 \times Q_b$$

onde:

$$Q_b = \text{vazão da bomba} \quad 2,250 \text{ m}^3/\text{min}$$

Logo:

$$V_u = \text{volume útil do poço de sucção} \quad 5,63 \text{ m}^3$$

Serão adotadas as seguintes dimensões para o poço de sucção:

$$C = \text{comprimento} \quad 3,00 \text{ m}$$

| | |
|------------------------------|--------|
| L = largura | 2,50 m |
| H _u = altura útil | 0,80 m |

O volume útil corrigido vale, então:

| | |
|--|---------------------|
| V _u = volume útil corrigido | 6,00 m ³ |
|--|---------------------|

b) Volume Morto

O volume morto (V_m) é o volume compreendido entre o fundo do poço de sucção e o nível mínimo do esgoto em seu interior, sendo, assim, calculado:

$$V_m = A_b \times H_{\min}$$

onde:

| | |
|---|---------------------|
| A _b = área da base do poço de sucção | 7,50 m ² |
| H _{min} = altura mínima | 0,60 m |

Com isso, obtém-se:

| | |
|---|---------------------|
| V _m = volume morto do poço de sucção | 4,50 m ³ |
|---|---------------------|

c) Volume Efetivo

O volume efetivo (V_e) é o volume compreendido entre o fundo do poço de sucção e o nível médio de operação das bombas. Será admitido que o volume correspondente ao nível médio seja a metade do volume útil. Sendo assim:

$$V_e = V_m + V_u / 2$$

| | |
|---|---------------------|
| V _e = volume efetivo do poço de sucção | 7,50 m ³ |
|---|---------------------|

d) Tempo de Detenção

O tempo de detenção média no poço de sucção (T_d) é dado por:

$$T_d = V_e / Q_{\text{méd}}$$

onde:

| | |
|---|---------------------|
| V _e = volume efetivo do poço de sucção | 7,50 m ³ |
|---|---------------------|

$Q_{\text{méd}}$ = vazão média de início de plano

1,223 m³/min

Logo:

T_d = tempo de detenção no poço de sucção

6,1 min

Este valor atende ao tempo máximo de 30 min recomendado pela NBR 12208.

Ciclo de Funcionamento

O ciclo de funcionamento da bomba (T_C) é dado por:

$$T_C = T_S + T_D$$

onde:

$$T_S = \text{tempo de subida (min)} = V_u / Q_a$$

$$T_D = \text{tempo de descida (min)} = V_u / (Q_b - Q_a)$$

V_u = volume útil do poço de sucção (m³)

Q_a = vazão afluyente (m³/min)

Q_b = vazão de bombeamento (m³/min)

Os tempos obtidos, para as vazões afluentes de início e final de plano, são apresentados no quadro a seguir:

| Etapa | Vazão (m ³ /min) | | T_S (min) | T_D (min) | T_C (min) |
|---------|-----------------------------|-------|-------------|-------------|-------------|
| 10 anos | $Q_{\text{mín}}$ | 0,662 | 9,1 | 3,8 | 12,8 |
| | $Q_{\text{méd}}$ | 1,223 | 4,9 | 5,8 | 10,7 |
| | $Q_{\text{máx}}$ | 2,121 | 2,8 | 46,5 | 49,3 |

Os ciclos de funcionamento são superiores a 10 min, atendendo à recomendação de que o conjunto motor-bomba não execute mais de 6 paradas por hora.

5.3 Estação de Tratamento de Esgoto

5.3.1 UASB

Volume do Reator

O volume total do reator (V), em m³, é dado por:

$$V = Q_{\text{méd}} \times \text{TDH}$$

onde:

$$Q_{\text{méd}} = \text{vazão média} \quad 73,37 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{TDH} = \text{tempo de detenção hidráulica (adotado)} \quad 8,0 \text{ h}$$

Sendo assim, tem-se:

$$V = \text{volume total} \quad 586,96 \text{ m}^3$$

O volume unitário (V_u), correspondente a cada módulo, é assim calculado:

$$V_u = V / N$$

onde:

$$N = \text{número de módulos (adotado)} \quad 4$$

Logo:

$$V_u = \text{volume unitário} \quad 146,74 \text{ m}^3$$

Com isso, as vazões unitárias, referentes a um módulo, valem:

$$Q_{\text{méd}} = \text{vazão média unitária} \quad 18,34 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{\text{máx}} = \text{vazão máxima unitária} \quad 31,82 \text{ m}^3/\text{h}$$

Os cálculos apresentados, a seguir, correspondem às vazões unitárias.

Dimensões do Reator

A área do reator (A), em m², é dada por:

$$A = V_u / H$$

onde:

H = altura útil (adotada) 5,50 m

Assim, tem-se:

A = área do reator 26,68 m²

Serão adotados reatores retangulares com as seguintes dimensões:

D = Diâmetro 5,83 m

D(adot) = Diâmetro adotado 5,50 m

A = área corrigida 23,75 m²

O diâmetro adotado apresenta-se inferior ao calculado, mas pode ser considerado já que os tempos de detenção ficarão dentro dos limites admitidos.

Tempo de Detenção Corrigido

Considerando as dimensões adotadas, o volume unitário corrigido (V_u) é, então:

$$V_u = A \times H$$

V_u = volume unitário corrigido 130,60 m³

Logo, o tempo de detenção hidráulica corrigido passa a ser:

$$TDH = V_u / Q$$

$TDH_{méd}$ = tempo de detenção hidráulica para $Q_{méd}$ 7,12 h

TDH_{min} = tempo de detenção hidráulica para $Q_{máx}$ 4,10 h

Estes valores encontram-se entre 6 e 9 hra para a vazão média, e entre 4 e 6 hrs para a vazão máxima, atendendo aos critérios recomendados.

Cargas Aplicadas

A carga hidráulica volumétrica (CHV), em $\text{m}^3/\text{m}^3.\text{d}$, é dada por:

$$\text{CHV} = Q / V$$

Portanto, os valores obtidos para a vazão média e para a vazão máxima são:

$$\text{CHV}_{\text{méd}} = \text{carga hidráulica volumétrica para } Q_{\text{méd}} \quad 3,37 \text{ m}^3/\text{m}^3.\text{d}$$

$$\text{CHV}_{\text{máx}} = \text{carga hidráulica volumétrica para } Q_{\text{máx}} \quad 5,85 \text{ m}^3/\text{m}^3.\text{d}$$

Estes valores encontram-se abaixo de $4,00 \text{ m}^3/\text{m}^3.\text{d}$ para a vazão média, e abaixo de $6,0 \text{ m}^3/\text{m}^3.\text{d}$ para a vazão máxima, atendendo aos critérios recomendados.

Velocidades Superficiais

A velocidade superficial de fluxo (v), em m/h , é assim calculada:

$$v = Q / A$$

Logo, as velocidades obtidas para a vazão média e para vazão máxima são:

$$v_{\text{méd}} = \text{velocidade superficial para } Q_{\text{méd}} \quad 0,7 \text{ m/h}$$

$$v_{\text{máx}} = \text{velocidade superficial para } Q_{\text{máx}} \quad 1,3 \text{ m/h}$$

Estes valores encontram-se próximo de $0,7 \text{ m/h}$ para a vazão média, e abaixo de $1,2 \text{ m/h}$ para a vazão máxima, estando dentro da faixa recomendada, podendo considerar um pico de até $1,7 \text{ m/h}$.

Tubos de Distribuição

A área de influência dos tubos de distribuição do esgoto afluente (A_i) é dada por:

$$A_i = A / N_d$$

onde:

N_d = número de distribuidores (adotado)

8

Com isso, tem-se:

A_i = área de influência do distribuidor

2,97 m²

A área de influência dos tubos de distribuição encontra-se em torno de 2,0 e 3,0 m², atendendo aos critérios recomendados.

A velocidade descendente nos tubos de distribuição (v_{td}) é assim calculada:

$$v_{td} = (Q_{m\acute{a}x} / N / N_d) / (\rho \times D_d^2 / 4)$$

onde:

D_{td} = diâmetro do tubo de distribuição (adotado)

100 mm

Logo:

v_{td} = velocidade descendente

0,14 m/s

A velocidade descendente nos tubos de distribuição encontra-se abaixo de 0,20 m/s, atendendo aos critérios recomendados.

Estimativas das Eficiências e Concentrações do Efluente

A eficiência de remoção de DBO (E_{DBO}) é calculada pela seguinte equação:

$$E_{DBO} = 100 \times (1 - 0,70 \times TDH^{-0,50})$$

E_{DBO} = eficiência de remoção de DBO

73,8 %

Para a eficiência de remoção de DQO (E_{DQO}), tem-se:

$$E_{DQO} = 100 \times (1 - 0,68 \times TDH^{-0,35})$$

E_{DQO} = eficiência de remoção de DQO 65,8 %

Para a eficiência de remoção de coliformes (E_{CF}), adotou-se:

E_{CF} = eficiência de remoção de coliformes 90,0 %

As concentrações efluentes são dadas por:

$$S = S_0 - (E \times S_0)/100$$

$$N = N_0 - (E \times N_0)/100$$

onde:

S_0 e N_0 = concentrações do esgoto afluente

Aplicando-se os valores na equação, as concentrações obtidas são as seguintes:

S_{DBO} = concentração efluente de DBO 117,9 mg/L

S_{DQO} = concentração efluente de DQO 290,7 mg/L

N = concentração efluente de coliformes 5,0E+06 NMP/100 mL

Produção de Metano e de Biogás

A parcela de DQO convertida em metano (DQO_{CH_4}), em kgDQO/d, é calculada pela seguinte equação:

$$DQO_{CH_4} = Q_{méd} \times (S_0 - S_{DQO}) - Y_{obs} \times Q_{méd} \times S_0$$

onde:

Y_{obs} = coeficiente de produção de sólidos (adotado) 0,21 $\frac{kgDQO_{lodo}}{kgDQO_{apl}}$

Tem-se, portanto:

DQO_{CH_4} = parcela de DQO convertida em metano 167,63 kgDQO/d

O fator de correção para a temperatura operacional do reator, $K(t)$, em kgDQO/m³, é dado por:

$$K(t) = (P \times K) / [R \times (273 + t)]$$

onde:

t = temperatura operacional do reator

28 °C

P = pressão atmosférica

1 atm

K = DQO correspondente a um mol de CH₄

64 gDQO/mol

R = constante universal dos gases

0,08206 atm.L/mol.°K

Logo:

K (t) = fator de correção para a temperatura

2,59 kgDQO/m³

A produção volumétrica de metano (Q_{CH₄}), em m³/d, é, então, calculada pela seguinte relação:

$$Q_{CH_4} = DQO_{CH_4} / K (t)$$

Aplicando os valores obtidos, tem-se:

Q_{CH₄} = vazão de metano

64,70 m³/d

Para a determinação da produção total de biogás (Q_g), deve ser considerado o teor de metano no biogás:

$$Q_g = Q_{CH_4} / p_{CH_4}$$

onde:

p_{CH₄} = percentual de metano no biogás (adotado)

80 %

Portanto:

Q_g = vazão de biogás

80,87 m³/d

Coletor de Gás

A área dos coletores de gás (A_g), em m², é dada por:

$$A_g = N_g \times 3,14 \times ((D_g^2)/4 - (D_r^2)/4)$$

onde:

N_g = número de coletores por reator (adotado)

1

D_g = Diâmetro do coletor de gás

1,12 m

D_r = Diâmetro da rosa de distribuição

0,52 m

Sendo assim:

A_g = área total dos coletores de gás

0,77 m²

Obs: A área do coletor circular é calculada pela fórmula da coroa circular.

A taxa de liberação de biogás nos coletores (v_g), em m³/m².h, vale, então:

$$v_g = Q_g / A_g$$

v_g = taxa de liberação de biogás

4,36 m³/m².h

A taxa encontra-se acima de 1,0 m³/m².h e abaixo de 5,0 m³/m².h, atendendo aos limites recomendados.

Abertura para o Decantador

As velocidades através das aberturas (v_a), em m/h, são dadas por:

$$v_a = Q / A_a$$

$$A_a = 3,14 \times ((D_r^2)/4 - (D_s^2)/4)$$

onde:

N_a = Número de Aberturas dos decantadores

1

unid

L_a = Largura das Aberturas dos decantadores

0,74 m

D_r = Diâmetro do reator

5,50 m

D_s = Diâmetro do separador trifásico

4,00 m

A_a = área das aberturas para os decantadores

11,19 m²

Logo, as velocidades obtidas para a vazão média e para a vazão máxima são:

$v_{a,méd}$ = velocidade nas aberturas para $Q_{méd}$

1,64 m/h

$v_{a,máx}$ = velocidade nas aberturas para $Q_{máx}$

2,84 m/h

As velocidades encontram-se abaixo de 2,5 m/h para a vazão média, e abaixo de 4,0 m/h para a vazão máxima, atendendo aos limites recomendados.

Decantador

As taxas de aplicação superficial (v_d), em m/h, são dadas por:

$$v_d = Q / A_d$$

onde:

| | | |
|-------------------------------------|-------|----------------|
| Nd = Número de decantadores | 1 | unid |
| Dd = Diâmetro de decantação (maior) | 5,50 | m |
| Dd = Diâmetro de decantação (menor) | 1,12 | m |
| A_d = área do decantador | 22,76 | m ² |

Obs: A área do decantador corresponde à área entre a parede do reator até o compartimento de distribuição/saída/separador de fases, conforme peças gráficas. Esta área é calculada pela fórmula da coroa circular.

Com isso, as taxas obtidas para a vazão média e para a vazão máxima são:

| | | |
|--|-----|-----|
| $v_{d,méd}$ = taxa de aplicação superficial para $Q_{méd}$ | 0,8 | m/h |
| $v_{d,máx}$ = taxa de aplicação superficial para $Q_{máx}$ | 1,4 | m/h |

As taxas encontram-se entre de 0,6 e 0,8 m/h para a vazão média, e menor/igual a 1,2 m/h para a vazão máxima, atendendo aos limites recomendados. Para vazão máxima, é normal picos de até 1,8 m/h.

O tempo de detenção hidráulica nos decantadores (TDH_d) é assim calculado:

$$TDH_d = N_d \times V_d / Q$$

onde:

| | | |
|------------------------------------|-------|----------------|
| H_d = altura total do decantador | 2,17 | m |
| V_d = volume do decantador | 40,01 | m ³ |

Obs: O volume do decantador é a soma do volume da coroa circular, somado com o volume do cilindro e decrescido do volume do tronco de cone.

Os tempos de detenção obtidos para a vazão média e para a vazão máxima são:

$TDH_{d,méd}$ = tempo de detenção para Q_{med} 2,2 h

$TDH_{d,máx}$ = tempo de detenção para $Q_{máx}$ 1,3 h

Os valores encontram-se acima de 1,5 h para a vazão média, e acima de 1,0 h para a vazão máxima, atendendo aos limites mínimos recomendados.

Produção de Lodo

A produção mássica de lodo no UASB (P_{lodo}), em kgSS/d, é dada por:

$$P_{lodo} = Y \times DQO_{apl}$$

onde:

Y = coeficiente de produção de sólidos (adotado) 0,15 kgSS/kgDQO_{apl}

DQO_{apl} = carga de DQO aplicada 1.492,00 kgDQO/d

Com isso:

P_{lodo} = produção de lodo 223,80 kgSS/d

A vazão de lodo (Q_{lodo}), em m³/d, é dada por:

$$Q_{lodo} = P_{lodo} / (g \times C_{lodo})$$

onde:

g = densidade do lodo (adotada) 1.020 kgSS/m³

C_{lodo} = concentração de sólidos no lodo (adotada) 4,0 %

Tem-se, então:

Q_{lodo} = vazão de lodo 5,49 m³/d

5.3.2 Filtro Submerso Aerado

Cargas Orgânicas Afluentes

As cargas orgânicas afluentes ao FSA (L), em kg/d, são dadas por:

$$L_{\text{DBO}} = S_{\text{DBO}} \times Q_{\text{méd}} / 1.000 \qquad L_{\text{DQO}} = S_{\text{DQO}} \times Q_{\text{méd}} / 1.000$$

onde:

$$S_{\text{DBO}} = \text{concentração efluente de DBO no UASB} \qquad 117,9 \text{ mg/L}$$

$$S_{\text{DQO}} = \text{concentração efluente de DQO no UASB} \qquad 290,7 \text{ mg/L}$$

Logo:

$$L_{\text{DBO}} = \text{carga afluente de DBO} \qquad 207,60 \text{ kgDBO/d}$$

$$L_{\text{DQO}} = \text{carga afluente de DQO} \qquad 511,87 \text{ kgDQO/d}$$

Volume do Meio Suporte

A área do meio suporte (A_{ms}) é assim calculada:

$$A_{\text{ms}} = L_{\text{DQO}} / TA_{\text{ms}}$$

onde:

$$TA_{\text{ms}} = \text{taxa de aplicação do meio suporte (adotada)} \qquad 7,0 \text{ gDQO/m}^2.\text{d}$$

Assim, tem-se:

$$A_{\text{ms}} = \text{área do meio suporte} \qquad 73.124,7 \text{ m}^2$$

O volume do meio suporte (V_{ms}) é dado por:

$$V_{\text{ms}} = A_{\text{ms}} / AE_{\text{ms}}$$

onde:

$$AE_{\text{ms}} = \text{área específica do meio suporte (adotado)} \qquad 265 \text{ m}^2/\text{m}^3$$

Logo:

V_{ms} = volume do meio suporte

275,94 m³

Volume Requerido

O volume total necessário para o FSA (V) é dado por:

$$V = V_{ms} / FE$$

onde:

FE = fator de empacotamento (adotado)

0,9

Com isso, obtém-se:

V = volume requerido

306,60 m³

O volume unitário (V_u), correspondente a cada módulo, é assim calculado:

$$V_u = V / N$$

onde:

N = número de módulos (adotado)

4

Logo:

V_u = volume unitário

76,65 m³

Dimensões

As dimensões adotadas para os filtros são as seguintes:

H = altura útil do FSA

5,00 m

H = altura útil do Meio Suporte

4,70 m

A = área

16,31 m

D = diâmetro

4,56 m

D(adot) = Diâmetro adotado

5,00 m

V_u = volume unitário resultante

92,24 m³

Demanda de Oxigênio

A demanda de oxigênio (DO_2) é dada por:

$$DO_2 = T_{ar} \times L_{DBO}$$

onde:

T_{ar} = taxa de aeração (adotada)

3,3 kgO₂/kgDBO

Logo:

DO_2 = demanda de oxigênio

685,09 kg/d

DO_2 = demanda de oxigênio

28,55 kg/h

Sopradores

A vazão de ar necessária ao sistema (Q_{ar}) é calculada pela seguinte equação:

$$Q_{ar} = DO_2 / (FT \times J \times T \times E)$$

onde:

n = número de sopradores operando (adotado)

2

FT = fator de trabalho (adotado)

0,23

J = densidade do ar

1,2 kg/m³

T = percentual de oxigênio no ar (adotado)

21 %

E = eficiência do sistema de aeração (adotada)

20 %

Assim, tem-se:

Q_{ar} = vazão de ar

1.231,45 m³/h

Q_{ar} = vazão de ar

20,52 m³/min

Q_{ar} = vazão de ar

0,342 m³/s

A pressão de trabalho (p_t) é dada por:

$$p_t = H + \Delta h$$

onde:

H = coluna d'água (adotada)

5,50 m

Δh = perda de carga na tubulação de ar

1,50 m

Logo:

p_t = pressão de trabalho

7,00 m

A potência do soprador é assim calculada:

$$P = Q_{ar} \times \rho \times g \times p_t / (\eta \times 1.000)$$

onde:

ρ = densidade do líquido

1.000 kg/m³

g = aceleração da gravidade

9,81 m/s²

η = rendimento do conjunto soprador (adotado)

60 %

Logo:

P = potência do conjunto soprador

39,15 kW

P = potência do conjunto soprador

53,19 CV

f = folga (adotada)

15 %

P = potência corrigida = P × (1 + f)

61,17 CV

Será adotado conjunto soprador, com as seguintes características:

Número de sopradores

2 + 1 reserva

Potência nominal

63,0 CV

Vazão

30,6 m³/min

Sobrepessão

700 mbar

Rotação

1.750 rpm

Difusores de Ar

As características dos difusores de ar são as seguintes:

| | |
|---|------------------------|
| N_d = número de difusores por módulo (adotado) | 64 |
| n = quantidade de difusores por área | 3,3 un/m ² |
| Q_d = vazão de ar por difusor = $Q_{ar} / (N \times N_d)$ | 4,81 m ³ /h |

Os valores ideais para os difusores de ar é de 0,5 a 6 un/m². E a vazão de ar deve estar entre 1,2 a 7,2 m³/h, pois tratam-se de difusores de bolhas finas.

Produção de Lodo

A produção mássica de lodo no FSA (P_{lodo}), em kgSS/d, é dada por:

$$P_{lodo} = Y \times L_{DBO}$$

onde:

| | |
|--|------------------------------------|
| Y = coeficiente de produção de sólidos (adotado) | 0,75 kgSS/kgDBO _a pl |
|--|------------------------------------|

Logo:

| | |
|-------------------------------|---------------|
| P_{lodo} = produção de lodo | 155,70 kgSS/d |
|-------------------------------|---------------|

A produção de lodo volátil (P_{SSV}), em kgSS/d, é obtida pela seguinte equação:

$$P_{SSV} = SSV/SS \times P_{lodo}$$

onde:

| | |
|---|------|
| SSV/SS = teor de sólidos voláteis (adotado) | 75 % |
|---|------|

Com isso, obtém-se:

| | |
|--|----------------|
| P_{SSV} = produção de sólidos voláteis | 116,78 kgSSV/d |
|--|----------------|

A quantidade de lodo aeróbio recirculado e removido do UASB ($P_{lodo,rem}$) é dada por:

$$P_{\text{lodo,rem}} = P_{\text{lodo}} - P_{\text{SSV}} \times E_{\text{SSV}}$$

onde:

| | |
|---|------|
| ESSV = remoção de SSV no UASB (adotado) | 30 % |
|---|------|

Logo:

| | |
|--|---------------|
| Plodo,rem = carga de lodo aeróbio removida do UASB | 120,67 kgSS/d |
|--|---------------|

Concentrações Efluentes

As concentrações efluentes de DBO e de DQO são dadas por:

$$S_{\text{DBO}} = S_{0,\text{DBO}} - (E_{\text{DBO}} \times S_{0,\text{DBO}})/100 \qquad S_{\text{DQO}} = S_{0,\text{DQO}} - (E_{\text{DQO}} \times S_{0,\text{DQO}})/100$$

onde:

| | |
|---|------------|
| $S_{0,\text{DBO}}$ = concentração afluente de DBO | 117,9 mg/L |
|---|------------|

| | |
|---|------------|
| $S_{0,\text{DQO}}$ = concentração afluente de DQO | 290,7 mg/L |
|---|------------|

| | |
|---|------|
| E_{DBO} = eficiência de remoção de DBO (adotada) | 79 % |
|---|------|

| | |
|---|------|
| E_{DQO} = eficiência de remoção de DQO (adotada) | 74 % |
|---|------|

Logo:

| | |
|---|-----------|
| S_{DBO} = concentração efluente de DBO | 24,8 mg/L |
|---|-----------|

| | |
|---|-----------|
| S_{DQO} = concentração efluente de DQO | 75,6 mg/L |
|---|-----------|

5.3.3 Decantador Lamelar

Comprimento Relativo

A distância entre as placas normal ao fluxo (d) é dada por:

$$d = e \times \text{sen}\theta$$

onde:

e = espaçamento entre as placas (adotado)

10,0 cm

θ = inclinação das placas (adotada)

60 °

Sendo assim, tem-se:

d = distância entre as placas normal ao fluxo

8,7 cm

O comprimento útil do elemento tubular (l_u) é calculado pela seguinte equação:

$$l_u = 0,9 \times (l - e \cos\theta)$$

onde:

l = comprimento da placa (adotado)

1,50 m

Logo:

l_u = comprimento útil do elemento tubular

130,5 cm

O comprimento relativo é, então, dado por:

$$L = l_u / d$$

L = comprimento relativo

15,0

Área Superficial Útil

A área superficial útil (A) é assim calculada:

$$A = Q_{\text{máx}} / (F \times V_s)$$

onde:

| | |
|--|---------------------------|
| $Q_{\text{máx}}$ = vazão máxima afluente | 0,03535 m ³ /s |
| F = fator de forma = senq (senq + L x cosq) | 7,25 |
| V_s = velocidade de sedimentação (adotada) | 1,25 cm/min |
| V_s = velocidade de sedimentação | 2,08E-04 m/s |

Com isso, tem-se:

| | |
|---------------------------|----------------------|
| A = área superficial útil | 23,40 m ² |
|---------------------------|----------------------|

A área superficial útil unitária (A_u), correspondente a cada módulo, é dada por:

$$A_u = A / N$$

onde:

| | |
|---------------------------------|---|
| N = número de módulos (adotado) | 4 |
|---------------------------------|---|

Logo:

| | |
|--|---------------------|
| A_u = área superficial útil unitária | 5,85 m ² |
|--|---------------------|

Número de Placas

O número de canais entre as placas do decantador (n) é dado por:

$$n = A_u \times \text{sen}\theta \text{ (a} \times \text{d)}$$

onde:

| | |
|--------------------------------|--------|
| a = largura da placa (adotada) | 2,15 m |
|--------------------------------|--------|

Logo:

| | |
|--------------------------------------|----|
| n = número de canais entre as placas | 27 |
|--------------------------------------|----|

O número de placas (n_p) é, então, dado por:

$$n_p = \text{número de placas} = n + 1 \quad 28$$

Comprimento

O comprimento do decantador é obtido através da seguinte equação:

$$C = l \times \cos\theta + [n \times d + (n + 1) \times b] / \sin\theta$$

onde:

$$b = \text{espessura da placa (adotada)} \quad 1,0 \text{ cm}$$

Logo:

$$C = \text{comprimento do decantador} \quad 3,79 \text{ m}$$

Volume Total do Decantador Lamelar

$V_{DL} = \text{Volume Quadrado } (V_{DLR}) + \text{Volume Tronco de Pirâmide } (V_{DLP})$

$$V_{DLR} = H_{DLR} \times A_{DLR} \times C_{DLR}$$

$$V_{DLP} = (H_{DLP}/3) \times (A_{DLP} + (\text{RAIZ}(A_{DLP} \times a_{DLP}) + a_{DLP}))$$

$$H_{DLR} = \text{altura do Decantador Lamelar retangular} \quad 2,00 \text{ m}$$

$$a_{DLR} = \text{largura do Decantador Lamelar retangular} \quad 2,55 \text{ m}$$

$$C_{DLR} = \text{comprimento do Decantador Lamelar Retangular} \quad 4,20 \text{ m}$$

$$V_{DLR} = \text{Volume do Decantador Lamelar Retangular} \quad 21,42 \text{ m}^3$$

$$H_{DLP} = \text{altura do Decantador Lamelar Piramidal} \quad 1,35 \text{ m}$$

$$A_{DLP} = \text{Área maior do Decantador Lamelar Piramidal} \quad 10,71 \text{ m}^2$$

$$a_{DLP} = \text{Área menor do Decantador Lamelar Piramidal} \quad 0,24 \text{ m}^2$$

$$V_{DLP} = \text{Volume do Decantador Lamelar Piramidal} \quad 5,65 \text{ m}^3$$

$$V_{DL} = \text{volume do Decantador Lamelar Total} \quad 27,07 \text{ m}^3$$

5.3.4 Tanque de Contato

Volume do Tanque

O volume unitário dos tanques de contato (V), em m³, é dado por:

$$V = Q_{\text{méd}} \times t / N$$

onde:

| | |
|--|--------------------------|
| $Q_{\text{méd}}$ = vazão média afluyente | 1,22 m ³ /min |
| t = tempo de contato (adotado) | 30 min |
| N = número de módulos (adotado) | 4 unid |

Sendo assim, tem-se:

| | |
|---------------------|---------------------|
| V = volume unitário | 9,17 m ³ |
|---------------------|---------------------|

O tempo de contato referente à vazão máxima ($t_{\text{mín}}$) fica sendo:

$$t_{\text{mín}} = V / (Q_{\text{máx}} \times N)$$

| | |
|---|--------------------------|
| $Q_{\text{máx}}$ = vazão máxima afluyente | 2,12 m ³ /min |
| N = número de módulos (adotado) | 4 unid |
| $t_{\text{mín}}$ = tempo de contato para $Q_{\text{máx}}$ | 17,3 min |

Este valor encontra-se acima de 15 min, atendendo aos critérios recomendados.

Dimensões do Tanque

Serão adotados tanques retangulares com as seguintes dimensões:

| | |
|-----------------------------|--------|
| D = diâmetro | 3,20 m |
| H = altura útil | 1,14 m |
| Hadot = altura útil adotada | 1,20 m |

Concentração de Cloro

A concentração de cloro a ser aplicada (C), em mg/L, é dada por:

$$C = [(N_0 / N)^{1/3} - 1] / (0,23 \times t)$$

onde:

| | |
|---|---------------------|
| N_0 = concentração afluyente de coliformes | 5.000.000 NMP/100mL |
| N = concentração efluente de coliformes (adotada) | 1.000 NMP/100mL |

Logo, os valores obtidos para a vazão média e para a vazão máxima são:

| | |
|--|----------|
| $C_{méd}$ = concentração de cloro para $Q_{méd}$ | 2,3 mg/L |
| $C_{máx}$ = concentração de cloro para $Q_{máx}$ | 4,0 mg/L |

Consumo de Cloro e Vazão de Dosagem

A vazão de dosagem da solução de hipoclorito de sódio (D) é calculada pela seguinte equação:

$$D = Q_{méd} \times C / T$$

onde:

| | |
|--|----------------------------|
| $Q_{méd}$ = vazão média de esgoto | 1.760,83 m ³ /d |
| C = concentração de cloro aplicada (adotada) | 5,0 mg/L |
| T = teor de cloro ativo na solução (adotado) | 10 % |

Com isso, obtém-se:

| | |
|--|-----------|
| D = vazão de dosagem da solução de hipoclorito | 88,04 L/d |
|--|-----------|

Volume do Tanque de Dosagem

O volume útil do tanque de dosagem da solução de hipoclorito (V_{td}) é dado por:

$$V_{td} = D \times t_a / N_{td}$$

onde:

t_a = tempo de armazenamento (adotado)

3 d

N_{td} = número de tanques por módulo (adotado)

2

Portanto:

V_{td} = volume útil do tanque de dosagem

132,06 L

V_{td} = volume do tanque de dosagem (adotado)

150 L

5.3.5 Leito de Secagem

Produção de Lodo

O lodo descartado nos leitos de secagem refere-se ao lodo produzido no UASB mais o lodo originalmente aeróbio retornado ao UASB:

$$P_{\text{lodo}} = P_{\text{lodo,UASB}} + P_{\text{lodo,rem}}$$

onde:

$$P_{\text{lodo,UASB}} = \text{produção de lodo no UASB} \quad 223,80 \text{ kgSS/d}$$

$$P_{\text{lodo,rem}} = \text{produção de lodo aeróbio removido do FSA} \quad 120,67 \text{ kgSS/d}$$

Logo:

$$P_{\text{lodo}} = \text{produção total de lodo descartado} \quad 344,47 \text{ kgSS/d}$$

A vazão total de lodo descartado (Q_{lodo}) é dada por:

$$Q_{\text{lodo}} = P_{\text{lodo}} / (g \times C_{\text{lodo}})$$

onde:

$$g = \text{densidade do lodo (adotada)}$$

$$1.020 \text{ kgSS/m}^3$$

$$C_{\text{lodo}} = \text{concentração de sólidos no lodo (adotada)}$$

$$4,0 \%$$

Assim, tem-se:

$$Q_{\text{lodo}} = \text{vazão total de lodo descartado}$$

$$8,44 \text{ m}^3/\text{d}$$

Área Requerida

A área requerida para os leitos de secagem (A) é função da carga de sólidos em suspensão aplicada, definida na NBR 12209:

$$A = P_{\text{lodo}} \times t / C_s$$

onde:

t = ciclo de operação (adotado)

15 d

C_s = carga de sólidos aplicada (adotada)

15 kgSS/m²

Logo:

A = área requerida

344,47 m²

Dimensões

Serão adotadas as seguintes dimensões:

N = número de leitos de secagem

10

L = largura

5,00 m

C = comprimento

7,00 m

A = área total resultante = N × L × C

350,00 m²

Altura da Lâmina de Lodo

A altura da lâmina de lodo nos leitos de secagem (h_{lodo}) é dada por:

$$h_{\text{lodo}} = Q_{\text{lodo}} \times t / A$$

Logo:

h_{lodo} = altura da lâmina de lodo

0,37 m

5.3.6 Eficiência do Sistema

DBO

A eficiência global de remoção de DBO é calculada através da seguinte equação:

$$E_{\text{DBO}} = 100 \times (S_0 - S) / S_0$$

onde:

S_0 = concentração afluyente de DBO 450,0 mg/L

S = concentração efluente final de DBO 24,8 mg/L

Logo:

E_{DBO} = eficiência global de remoção de DBO 94,50 %

DQO

A eficiência global de remoção de DBO é calculada através da seguinte equação:

$$E_{\text{DBO}} = 100 \times (S_0 - S) / S_0$$

onde:

S_0 = concentração afluyente de DQO 850,0 mg/L

S = concentração efluente final de DQO 75,6 mg/L

Logo:

E_{DBO} = eficiência global de remoção de DBO 91,11 %

Coliformes

A eficiência global da ETE em termos de remoção de coliformes é dada por:

$$E_{\text{CF}} = 100 \times (N_0 - N) / N_0$$

onde:

N_0 = concentração afluyente de coliformes 5E+07 NMP/100 mL

N = concentração efluente final de coliformes 1.000 NMP/100mL

Logo:

E_{CF} = eficiência de remoção de coliformes 99,998 %

A concentração obtida no efluente final atende ao limite máximo de 1.000 NMP/100 mL estabelecido pela Organização Mundial de Saúde para irrigação irrestrita.



**Operação e Manutenção da
ETE**

6 OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DA ETE

6.1 Plano de Manutenção

O termo “manutenção” em engenharia pode ser definido como a arte de manter os equipamentos e as estruturas de uma estação de tratamento em condições adequadas, para que realizem os serviços para os quais foram projetados.

6.1.1 Aspectos Gerais

Basicamente, qualquer programa de manutenção deve observar as seguintes regras:

- Conservar a estação limpa e em ordem;
- Estabelecer um plano sistemático de operação;
- Estabelecer uma rotina de inspeção e de lubrificação;
- Registrar dados e especificações dos equipamentos, dando-se especial atenção a incidentes incomuns e a condições operacionais defeituosas;
- Observar as medidas recomendadas de segurança.

Através das revisões das fichas de manutenção poder ser constatado nos equipamentos as peças mais débeis, obtendo-se com isso uma orientação do material a ser estocado.

Todos os fabricantes de equipamentos fornecem informações básicas que normalmente são derivadas de anos de experiência. Esses dados deverão ser cuidadosamente estudados pelo operador da estação. Normalmente, são compostos de:

- Instruções de instalação;
- Instruções de lubrificação;
- Instruções de operação;
- Instruções de montagens e desmontagens;
- Listagem dos componentes.

6.1.2 Lubrificação

A lubrificação é provavelmente a função mais importante de um programa de manutenção. A experiência dita que óleos e graxas a serem utilizados devem ser da melhor qualidade. As recomendações dos fabricantes devem ser seguidas rigorosamente.

6.1.3 Bombas de Alimentação das Unidades de Tratamento

As bombas são talvez os equipamentos mais importantes numa estação de tratamento. Sua paralisação normalmente indica uma paralisação parcial ou total da ETE.

Especial atenção deverá ser dada:

- Aos mancais – calor e barulho;
- Aos motores – velocidade, rotação e amperagem;
- Aos equipamentos de controle – limpeza e condições de funcionamento;
- Na operação da bomba – Vibração e barulho.

O esgoto é mais difícil de ser bombeado que a água. A presença de areia no esgoto tem um efeito abrasivo nos equipamentos de bombeamento. Outros materiais como trapos, gravetos, etc., podem também estar presentes durante o bombeamento. Por essa razão, cada peça deve ser rigorosamente inspecionada freqüentemente para que danos maiores possam ser corrigidos previamente.

As recomendações dos fabricantes devem ser seguidas rigorosamente.

6.1.4 Sopradores

Observações de barulhos ou vibrações estranhas são também importantes de serem notadas, para que se possa corrigir um defeito no seu início, evitando-se, com isso, um prejuízo maior.

A troca de lubrificantes deverá acontecer no período determinado pelo fabricante do equipamento.

Para esse controle, torna-se necessário que o quadro de comando possua horímetros no sentido que seja conhecido o tempo certo da troca.

O controle do nível do óleo deve ser feito pelo menos semanalmente com o equipamento parado, e sua troca quando o fluido ainda estiver quente.

6.1.5 Estruturas Suportes

Estruturas suportes de uma estação como canais, tanques, partes metálicas devem ser limpas e inspecionadas pelo menos uma vez por ano para que seja feita uma pintura protetora adequada nas partes sujeita a corrosão.

6.1.6 Prédios

A manutenção dos equipamentos não deve ser a única intenção da equipe que opera e mantém a estação de tratamento.

Os prédios devem ser conservados limpos para que torne mais agradável o trabalho do operador e para que diminua a repulsa psicológica dos visitantes.

Uma pintura de conservação deverá ser feita com uma frequência pelo menos anual, dando-se especial atenção a portas, janelas e a partes metálicas.

6.1.7 Jardins

Parte componente do fator humanização da estação.

O ajardinamento contribui para a atratividade do local, sendo constituído de gramas e de árvores implantadas em locais adequados.

6.2 Manual de Operação

6.2.1 Caixa de Admissão

O uso do *by-pass* geral da Depuradora somente deverá ser utilizado em último caso, em situações praticamente inevitáveis, como uma pane geral. No caso deste projeto, com a instalação de equipamentos eletromecânicos sempre em duplicata associada à existência de um gerador de energia elétrica de emergência, a possibilidade do uso desses desvios é extremamente remota.

A caixa de admissão deverá ser lavada com jatos de mangueira pelo menos uma vez ao dia, e todas as vezes que haja acumulação de detritos fora das canaletas de esgotos.

6.2.2 Grade

Em condições normais, deve ser batida com intervalos de 1 (uma) hora.

Porém, a retirada do material gradeado para o patamar drenante deve ser feito apenas a intervalos de 3 (três) horas. Na tarde de cada dia, este material deve ser lançado no leito de secagem existente na área do preliminar, e posteriormente lançado em contêiner para ser encaminhado ao aterro sanitário.

Em condições anormais, por exemplo, se ocorrer em dado momento, à chegada de grande quantidade de material gradeável, deve-se fazer a limpeza mesmo fora da hora marcada.

Esta unidade e seus arredores deverão ser esguichados, com jatos de mangueira, sempre que houver necessidade.

6.2.3 Caixa de Areia

Os canais da caixa de areia serão usados alternadamente, ou seja, um de cada vez. A limpeza em cada canal será feita a cada 7 dias.

6.2.4 Bombas de Alimentação das Unidades de Tratamento

Além da lubrificação, se houver pelo menos uma vez ao dia, seus rotores devem ser limpos com escovas de piaçaba ou rastelo – sempre de cabo longo, para se evitar, o quanto possível a aproximação manual. Materiais renitentes, que não se destaquem com esta operação, devem ser retirados com ganchos. Os escovamentos dos rotores deverão ser acompanhados de esguichos de mangueira. Esta recomendação serve para bombas de rotor aberto.

6.2.5 UASB

6.2.5.1 Considerações Preliminares

A partida do UASB, classificado como reator anaeróbio de alta taxa, pode ser definida como um período de transição inicial, marcado por instabilidades operacionais, podendo ser feita através de 3 (três) processos distintos:

- Utilizando-se lodo de inóculo adaptado ao esgoto a ser tratado. Trata-se do processo mais conveniente devido à entrada do sistema em regime permanente se processar rapidamente, não havendo necessidade de aclimação do lodo;
- Utilizando-se lodo de inóculo não adaptado ao esgoto a ser tratado. Nesse caso, existirá um período de aclimação do sistema, incluindo uma fase de seleção microbiana;
- Sem a utilização do lodo de inóculo. Considerada a forma mais desfavorável devido à inoculação do reator acontecer com os próprios microrganismos do sistema cuja concentração é muito pequena, resultando num tempo de entrada em regime permanente da ordem de 3 (três) a 4 (quatro) meses, chegando alguns autores a mencionar um tempo de 6 (seis) meses.

6.2.5.2 Partida com Inoculação do Reator

- Volume de Lodo de Inóculo
 - Nos casos onde se aplica o lodo de semeadura (inóculo), a carga

biológica aplicada ao sistema de tratamento, dada em (kgDQO/kgSSV.d), é o parâmetro que caracteriza a carga orgânica aplicada com relação à quantidade de biomassa presente no reator, que em média se encontra na faixa de 0,05 a 0,50 kgDQO/kgSSV.d. Essa relação deverá ser aumentada gradativamente em função da eficiência do sistema, chegando em regime permanente a ter o valor de 2,00 kgDQO/kgSSV.d.

■ Carga Hidráulica Volumétrica

A CHV ocasiona 3 (três) efeitos:

- Retira toda biomassa de sedimentações precárias, deixando espaço para a nova biomassa que está se desenvolvendo;
- Seleciona a biomassa ativa, decorrente da retirada da biomassa que não possui boa sedimentabilidade;
- Promove uma boa mistura no interior do reator.

■ Temperatura

- A temperatura ideal é na faixa de 30 - 35°C. No nosso caso, no Estado do Ceará este valor se situa na faixa de 25 - 30°C, mais comumente entre 27 - 28°C, considerada como condição sub-ótima de temperatura.

■ Fatores Ambientais

Na partida, os seguintes fatores são desejáveis:

- Temperatura no interior do reator na faixa 30 - 35°C, não factível para esgotos domésticos;
- O pH deve ser mantido sempre acima de 6,2, preferivelmente na faixa 6,8 – 7,2;
- Concentração de compostos tóxicos abaixo do limite prejudicial à atividade microbológica.

■ Acimação e Seleção da Biomassa

Segundo Lettinga, as principais diretrizes para a seleção da biomassa são:

- Não retornar o lodo disperso perdido com o efluente;
- Promover diluição do afluente quando a DQO das águas residuárias for maior que 5000 mg/L, caso não necessário quando se trata de esgotos

domésticos;

- Aumentar a carga orgânica gradativamente sempre que a remoção de DQO atingir pelo menos 60%;
- Manter concentrações de ácido acético abaixo de 1000 mg/L. No caso dos esgotos domésticos esse valor, no reator, é inferior a 200 – 300 mg/L, não havendo, portanto, tal preocupação;
- Prover a alcalinidade necessária no sistema de forma a manter o pH próximo de 7,0 (sete).

■ Procedimentos Antecedentes à Partida do Reator

a) Caracterização do Lodo de Inoculo

Após a definição do lodo de inoculo a ser utilizado na partida do UASB, deve ser feita uma caracterização qualitativa e quantitativa do mesmo, com a determinação dos seguintes parâmetros:

- pH;
- Alcalinidade em bicarbonato;
- Ácidos graxos voláteis;
- Sólidos Totais (ST);
- Sólidos Voláteis Totais (SVT);
- Atividade Metanogênica Específica (AME).

Além dos parâmetros acima, deve-se proceder a uma caracterização visual e olfativa do lodo.

b) Caracterização do Esgoto Bruto

Realizar antes da partida do reator uma campanha no sentido de caracterizar quantitativamente e qualitativamente o esgoto bruto.

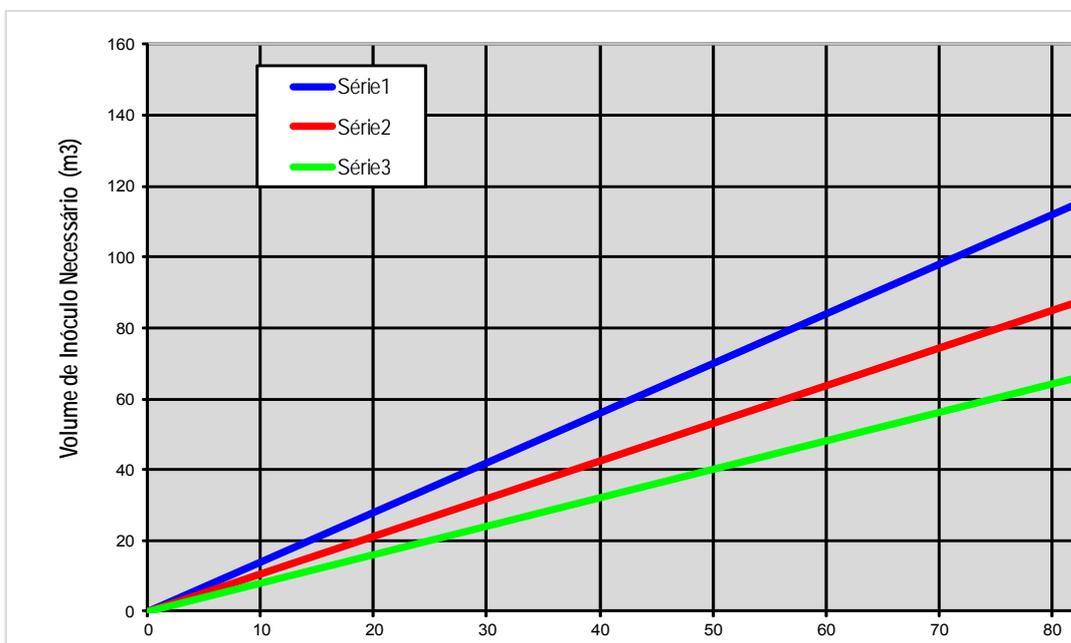
c) Estimativa do Volume de Lodo Necessário

Uma estimativa do volume de lodo necessário pode ser obtida do gráfico apresentado a seguir, de autoria do professor Carlos Augusto de Lemos Chernicharo, da Universidade Federal de Minas Gerais.

Este gráfico possibilita a visualização de alternativas de inoculação e de partida do reator anaeróbio, considerando-se a aplicação de diferentes percentuais da vazão afluyente em função das concentrações de sólidos voláteis no lodo.

As seguintes concentrações foram estudadas:

- Lodo a 3%;
- Lodo a 4%;
- Lodo a 5%.



■ Procedimentos Durante a Partida do Reator

Esses procedimentos se referem à partida de um reator realizada pelo professor Chernicharo em Itabira-MG, compreendendo a inoculação, alimentação com esgotos e o monitoramento do processo.

d) Inoculação do Reator

Pode ser feita com o reator cheio ou vazio, sendo melhor a segunda opção, a fim de diminuir as perdas de lodo. Nessa última situação, os seguintes passos foram dados:

- Transferência do inóculo para o reator, com o cuidado que o mesmo seja descarregado no fundo, evitando-se turbulências e contato excessivo com o ar;

- Deixar o lodo em repouso por um período aproximado de 12 a 24 horas, possibilitando a sua adaptação gradual a temperatura ambiente.

e) Alimentação do Reator

Após o período de repouso mencionado anteriormente, iniciar a alimentação até que o volume alcançado seja a metade do volume útil.

Deixar o reator sem alimentação por um período de 24 horas. Ao término desse período e antes de iniciar a próxima alimentação, coletar amostras do sobrenadante e efetuar as análises dos seguintes parâmetros: Temperatura, pH, alcalinidade, ácidos voláteis e DQO. Caso esses valores estejam em faixas aceitáveis (pH entre 6,8 a 7,4, ácidos voláteis abaixo de 200 mg/l como ácido acético) prosseguir o processo de alimentação.

Continuar o enchimento do reator até que seja atingido o seu nível operacional.

Deixar sem alimentação por outro período de 24 horas. Após esse período, repetir as análises com os mesmos parâmetros já mencionados anteriormente.

Caso os parâmetros analisados estejam dentro da faixa estabelecida, promover a alimentação contínua do reator, respeitando-se o percentual de vazão estabelecido em função da quantidade de inóculo utilizado.

Implantar e proceder ao monitoramento de rotina do processo de tratamento.

Proceder ao aumento gradual da vazão a cada 15 dias, de acordo com a resposta do sistema. Este intervalo pode ser ampliado ou reduzido dependendo dos resultados obtidos.

6.2.5.3 Partida sem Inoculação do Reator

Para a maioria dos tipos de águas residuárias, o processo de partida de um reator UASB é longo e difícil. No caso do esgoto doméstico, tal operação apresenta menos problemas, devido a esse tipo de despejo já possuir, embora em concentrações pequenas, as populações microbianas necessárias para o processo de digestão anaeróbia; podendo, portanto, tal operação ser feita sem a necessidade de utilizar lodo inoculado, pois a fermentação ácida e metanogênica se desenvolverão automaticamente.

Por outro lado, a capacidade de tamponamento do esgoto é suficiente para evitar o azedamento, mesmo no período de partida, quando a população microbiana ainda é pequena para converter eficientemente os produtos de fermentação.

Em alguns exemplos com escala real, em Kampur, Pedregal e Bucaramanga a partida foi realizada sem o inóculo, não havendo grandes dificuldades no tempo de obtenção do estado estacionário, que variou de 12 a 20 semanas.

A duração do período de partida é definida pelo tempo necessário para se obter uma qualidade do efluente praticamente constante, e uma massa de lodo que não varia nem quantitativamente nem qualitativamente com o tempo. Sem a aplicação do inóculo no início da operação, a biomassa se desenvolverá durante o período da partida devido à acumulação de sólidos decantáveis não convertidos e a populações bacterianas responsáveis pela conversão do material orgânico em metano. Essa acumulação é limitada em função do tamanho do reator, e em algum momento começará a aparecer lodo no efluente sob a forma de partículas sedimentáveis. A partir desse momento, o reator estará cheio de lodo, ficando a massa no seu interior praticamente constante e a quantidade gerada no reator se tornará igual à massa descarregada com o efluente. Depois de se obter a concentração máxima de biomassa, os descartes periódicos para os leitos de secagem devem ser iniciados.

Segundo o Professor Adrianus C. Van Haandel, é perfeitamente possível de se iniciar a operação sem lodo no reator, sendo que nesse caso pode-se aplicar toda a vazão desde o início de operação.

6.2.5.4 Medidas de Segurança

Com a possibilidade do relaxamento das atividades no Tratamento Preliminar, composto de grade, caixa de areia e calha Parshall, foi previsto um conjunto de medidas composto de:

- Isolamento da entrada da unidade danificada;
- No UASB e no FSA, é possível retornar o esgoto para a estação elevatória, evitando-se com isso o uso de desvios;
- Peça de inspeção lateral de formato circular no diâmetro de 0,60 m para o digestor anaeróbio e para o filtro submerso, dimensão essa que permitirá a inspeção no interior da unidade.
- Na parte superior do Digestor, a cobertura é parcialmente removida, devendo ser constituída de abertura de dimensão 0,75 m x 2,00 m com tampas em fibra de vidro.

6.2.5.5 Monitoramento do Processo

Para uma operação satisfatória de um sistema de tratamento anaeróbio, torna-se necessário que seja feita uma monitoração do processo, no sentido de se manter, sempre que possível, às condições ambientais necessárias ao mesmo. Recomenda-se sempre que possível à instalação dos seguintes equipamentos de medição e controle:

- Medidores e registradores das características do afluente (Vazão, Temperatura e pH);
- Medidores e registradores da Temperatura e pH do reator, preferivelmente instalados na parte inferior do tanque;
- Medidores e registradores da produção de biogás.

A seguir, estão relacionados os parâmetros recomendados e suas freqüências de determinação, para um bom controle do tratamento anaeróbio.

Monitoramento de Rotina de um Reator UASB

| Parâmetro | Unidade | Freqüência | | |
|-------------------------------|---------|------------|--------|------------|
| | | Afluente | Reator | Efluente |
| Temperatura | °C | diária | diária | - |
| PH | - | diária | diária | - |
| Alcalinidade bicarbonato | mg/L | 3 x semana | - | 3 x semana |
| Ácidos voláteis | mg/L | 3 x semana | - | 3 x semana |
| Sólidos Dissolvidos (SD) | mg/L | 1 x semana | - | 1 x semana |
| Sólidos Suspensos (SS) | mg/L | 1 x semana | - | 1 x semana |
| Sólidos Totais (ST) | mg/L | - | mensal | - |
| Sólidos Voláteis Totais (SVT) | mg/L | - | mensal | - |
| DQO total | mg/L | 1 x semana | - | 1 x semana |
| DQO filtrada | mg/L | quinzenal | - | Quinzenal |
| Nitrogênio total (NTK) | mg/L | mensal | - | Mensal |
| Fósforo total | mg/L | mensal | - | Mensal |

6.2.6 Filtro Submerso Aerado (FSA) / Decantador Lamelar (DL) / Desinfecção

6.2.6.1 Partes Componentes

O Filtro Submerso Aerado (FSA) é constituído de:

- Dispositivo de entrada, que tem como função dispor o líquido proveniente do UASB, no fundo da unidade eqüitativamente;
- Fornecimento de ar promovido por uma rede de difusores de bolha fina;
- Meio suporte de alto impacto, com uma taxa efetiva de área específica de $265\text{m}^2/\text{m}^3$;
- Dispositivo de coleta do fluxo composto de um conjunto de calhas na superfície.

Por sua vez, o Decantador Lamelar é constituído de:

- Entrada da mistura líquida;
- Canais com placas paralelas;
- Calhas de coleta do efluente clarificado.

O Tanque de Contato possuirá um volume mínimo correspondente a 30 minutos, com relação à vazão média, tendo no seu interior um conjunto de chicanas no sentido de evitar curtos-circuitos hidráulicos.

6.2.6.2 Funcionamento

Depois do estabelecimento do estado estacionário com o crescimento do biofilme em toda extensão do material suporte, a mistura líquida será encaminhada para o decantador onde será feita a separação entre o material sólido e o líquido.

A mistura líquida proveniente do FSA será dirigida no circuito para o canal de entrada do decantador, ficando os sólidos retidos no decantador e o líquido clarificado coletado nas calhas situadas na superfície do decantador. O lodo retido será encaminhado diretamente para os leitos de secagem.

As canaletas do efluente e partes não submersas das paredes devem ser escovadas e lavadas com esguicho de mangueira sempre que for necessário.

O efluente final será clorado, aplicando-se o desinfetante na entrada do tanque de contato.

Freqüentemente, deverá ser observada a fluência do líquido do clorador, no sentido de garantir a permanência funcional.

As paredes do Tanque de Contato devem ser lavadas internamente com esguichos de mangueira, sempre que haja mau aspecto, aglomeração de resíduos ou presença de moscas.

A dosagem do desinfetante deverá ser aferida através da medida de cloro residual na saída do Tanque de Contato (TC).

Em face de curva de vazão, a cloração pode ser dividida em três fases:

- Das 6 às 10 horas e das 18 às 22 horas em que a vazão costuma ser de 2/3 da vazão média. A dosagem deve acompanhar essa relação;
- Das 22 às 6 horas da manhã correspondendo às vazões mínimas, devendo neste caso a dosagem ser 1/5 da média;
- Das 10 às 18 horas, a dosagem deve ser aplicada na base de 4/3 da média.

6.2.6.3 Medidas de Segurança

Mesmo com possibilidades remotas de obstruções no FSA ou nos canais das placas paralelas do decantador ou do UASB, foram previstos retornos para unidades seqüenciais.

6.2.6.4 Monitoramento do Processo

Para uma operação satisfatória de um sistema de tratamento aeróbio, torna-se necessário também que seja feita uma monitoração do processo, no sentido de se manter as condições adequadas para o bom desempenho do sistema. Recomenda-se, sempre que possível, a instalação de equipamentos de medição e de controle, tais como medidores e registradores de vazão, pH, oxigênio dissolvido e cloro residual do efluente final.

A seguir, estão relacionados os parâmetros recomendados, e suas frequências de determinação para um bom controle desse tipo de tratamento.

Programa de Monitoramento de Rotina de um Filtro Submerso Aerado

| Parâmetro | Unidade | Frequência Efluente |
|-------------------------------|---------|---------------------|
| Temperatura | °C | diária |
| pH | - | diária |
| Sólidos Dissolvidos (SD) | mg/L | diária |
| Sólidos Suspensos (SS) | mg/L | semanal |
| Sólidos Totais (ST) | mg/L | mensal |
| Sólidos Voláteis Totais (SVT) | mg/L | mensal |
| DQO total | mg/L | semanal |
| DQO filtrada | mg/L | quinzenal |
| DBO total | mg/L | quinzenal |
| DBO filtrada | mg/L | quinzenal |
| Nitrogênio total (NTK) | mg/L | mensal |
| Cloro residual | mg/L | diária |

Os dados de afluente do Filtro Submerso Aerado (FSA) correspondem ao do efluente do UASB.

6.2.6.5 Secagem do Lodo

As descargas de lodo devem ser coerentes com a manutenção dos parâmetros estabelecidos no projeto. Por sua vez, a retirada de lodos secos dos leitos, para adubagem, incineração ou mesmo encaminhamento, juntamente com o lixo para aterros sanitários, deve ser feita tão logo a desidratação seja satisfatória.

É usual nesse tipo de processo que o número de câmeras de cada bateria de leito seja de 5 (cinco), e que se passe a ter uma frequência de descarga, após o estabelecimento do regime permanente de uma vez a cada 15 (sete) dias.

Para se avaliar a quantidade de lodo excedente, produzida em reatores do tipo UASB tratando esgotos domésticos, tem sido usual a adoção de taxas de 0,10 a 0,20 kgSST/

kgDQO aplicada ao sistema. O descarte de lodo excedente não deverá ser necessário durante os primeiros meses de operação do reator. Quando essa operação se tornar necessária, deverá ser feita, preferencialmente, na parte superior do leito de lodo (floculento). Todavia, em situações onde ocorram acumulações de sólidos junto ao fundo, deve-se promover descartes provenientes também do fundo do reator. No caso deste projeto, dois registros posicionados adequadamente, um no fundo e outro dois intermediários, possibilitarão que os procedimentos acima citados possam ser concretizados.

No caso do lodo produzido no FSA, é usual se admitir que a produção de lodo é da ordem de 0,75 kgSST/kgDQO removido. O descarte de lodo, como já foi anteriormente citado, será feito diretamente para os Leitos de Secagem (LS).

6.2.6.6 Recomendações

As áreas internas da estação de tratamento, excetuando as passagens de acessos operacionais e vias de tráfego de veículos, devem ser ajardinadas.

Devem ser cultivadas plantas adaptadas ao local da estação de tratamento.

Entre as unidades de tratamento, não devem transitar pessoas estranhas ou mesmo familiares dos operadores, sem a permissão de um destes.

Igualmente, não deve ser permitida a presença de animais domésticos, tais como: cães, gatos, galináceos, suínos, caprinos, etc.

6.2.6.7 Precauções

O contato direto com os esgotos e lodos deve ser evitado o máximo possível. Para tanto, o operador de plantão deverá dispor de luvas e de botas de borracha que protejam-no durante as intervenções necessárias.

Ao usar, nos esgotos, utensílios como: rastelos, pás, recipientes diversos, etc., deve-se proceder sem estardalhaço, a fim de evitar respingos desnecessários sobre a pele e sobre as roupas.

Deve-se abster de fumar durante a execução de certos trabalhos, evitando, assim, de colocar, na boca, o cigarro, antes tocado, irrefletidamente, com as mãos contaminadas.

Todas as vezes que as mãos tiverem em contato com os esgotos devem ser lavadas e desinfetadas, com uma solução de uso corrente para tais fins: hipoclorito diluído, mistura lisoform / álcool / água, álcool iodado ou qualquer equivalente desses produtos.

Igualmente, as mãos deverão ser lavadas e desinfetadas antes de qualquer refeição, antes de fumar, antes de usar o mictório ou qualquer outro sanitário.



Anexos

7 ANEXOS

7.1 Fotos



Foto 1 – Tratamento Preliminar

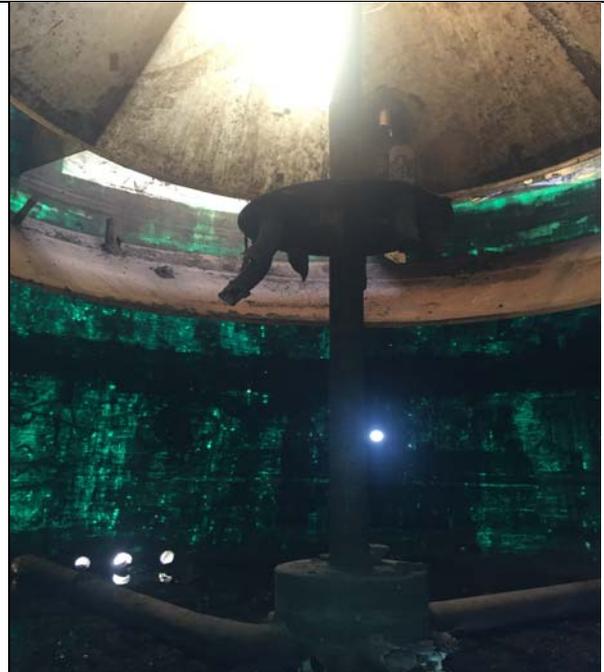


Foto 2 - UASB



Foto 3 – FSA com DL



Foto 4 – Leitos de Secagem

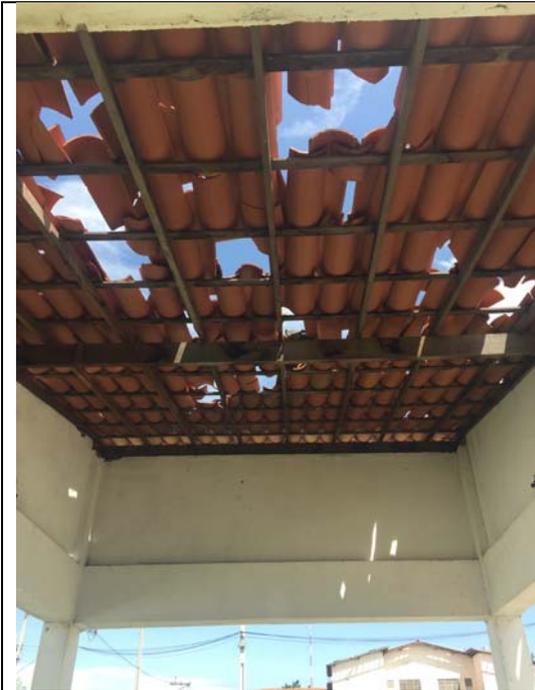


Foto 5 – Casa de Bombas



Foto 6 – Vista dos Reatores



Foto 7 – Barrilete da EEE da ETE



Foto 8 – Externo da ETE.

7.2 E-mail

Larissa,

Em virtude do tempo decorrido entre o "resgate" das peças/equipamentos até a data de hoje, e tendo em vista a necessidade de nossas UNs nas mesmas, de forma a garantir a continuidade na operação dos diversos sistemas da Cagece, sugiro que você considere a aquisição de novas peças/equipamentos para a planilha a ser utilizada na relicitação do SAA/SES Tatu Munde.

Se por ventura alguma dessas peças/equipamentos não tiver sido usada pela Cagece (UNs) e/ou ainda se encontrar apta a ser aproveitada, a Gerob a utilizará e não a medirá na planilha de contrato.

João Carlos Sanford Fraga

Supervisão IV

Gerência de Obras

Cagece - Companhia de Água e Esgoto do Ceará

3101-1878



Desapropriação

8 DESAPROPRIAÇÃO



DPC - DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E CONTROLE
GPROJ - GERÊNCIA DE PROJETOS

SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

ÁREA A DESAPROPRIAR PARA ESTAÇÃO DE
TRATAMENTO DE ESGOTO
FORTALEZA – UN-MTO
BACIA SE-4-VIÚVA-URUCUTUBA-TATU MUNDÊ

MARÇO/2011

PROPRIETÁRIO. *Desconhecido*

N.º DESCRITIVO: **50/2011**

MEMORIAL DESCRITIVO N.º 50/2011

TERRENO DESTINADO À ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO FORTALEZA- UN-MTO BACIA SE-4-VIÚVA-URUCUTUBA-TATU MUNDÊ

Proprietário: Desconhecido

Um terreno com área de 2464,00m², de formato retangular com os seguintes limites e confrontantes:

Norte – Município de Fortaleza, medindo 44,00m.

Sul – Rua B, medindo 44,00m.

Leste – Município de Fortaleza, medindo 56,00m.

Oeste – Rua SDO, medindo 56,00m.

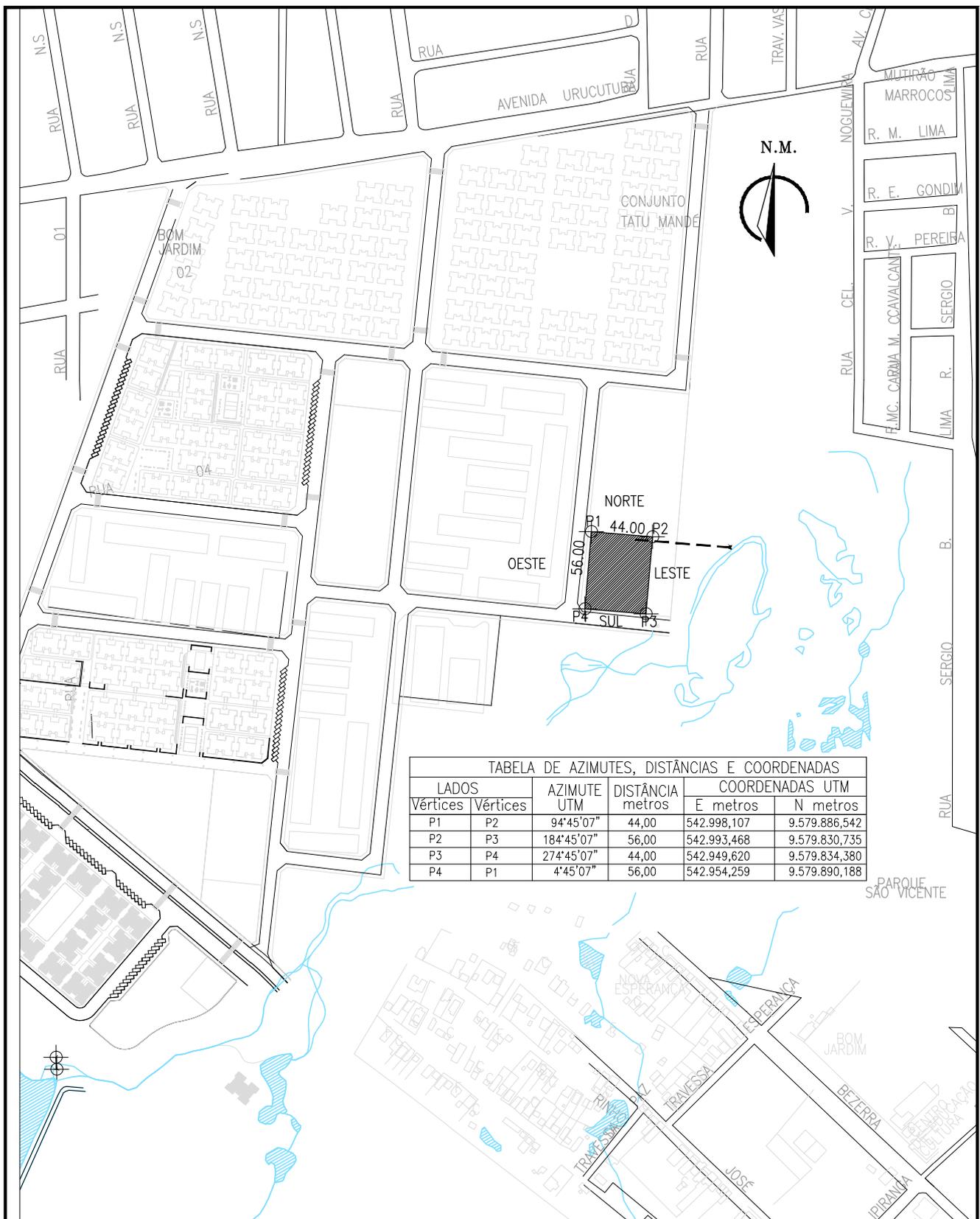
DA: GPROJ

À GEADI

Sr. Gerente,

Encaminhamos a V.Sa., planta e memorial descritivo do imóvel destinado à Estação de Tratamento de Esgoto – Bacia SE-4 – Viúva – Urucutuba – Tatu Mundê no Município de Fortaleza para fins de desapropriação.

Fortaleza, 23 de março de 2011.



COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ
DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E CONTROLE
GERÊNCIA DE PROJETOS

Arquivo

MD50-2011E1EÇaçu de Viúva Urucutuba Tatu Mundê

SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DE FORTALEZA

**ÁREA A DESAPROPRIAR PARA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO
BACIA SE-4 - UN-MTO
LOTEAMENTO AÇUDE VIÚVA-URUCUTUBA-TATU MUNDE
PLANTA DE SITUAÇÃO**

Proprietário: DESCONHECIDO

Área:
2.464,00m²

Desenho:
REGINA

Memorial:
50-2011

Data
MAR/2011



DPC - DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E CONTROLE
GPROJ - GERÊNCIA DE PROJETOS

SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

ÁREA A DESAPROPRIAR PARA EMISSÁRIO FINAL
FORTALEZA – UN-MTO
BACIA SE-4-VIÚVA-URUCUTUBA-TATU MUNDÊ

MARÇO/2011

PROPRIETÁRIO. *Desconhecido*

N.º DESCRITIVO: **51/2011**

MEMORIAL DESCRITIVO N.º 51/2011

TERRENO DESTINADO AO EMISSÁRIO FINAL FORTALEZA- UN-MTO BACIA SE-4-VIÚVA-URUCUTUBA-TATU MUNDÊ

Proprietário: Desconhecido

Um terreno com área de 232,00m², de formato retangular com os seguintes limites e confrontantes:

Norte – Município de Fortaleza, medindo 58,00m.

Sul – Município de Fortaleza, medindo 58,00m.

Leste – Município de Fortaleza, medindo 4,00m.

Oeste – Município de Fortaleza, medindo 4,00m.

DA: GPROJ

À GEADI

Sr. Gerente,

Encaminhamos a V.Sa., planta e memorial descritivo do imóvel destinado ao Emissário Final – Bacia SE-4 – Viúva – Urucutuba – Tatu Mundê no Município de Fortaleza para fins de desapropriação.

Fortaleza, 23 de março de 2011.



Especificações Técnicas

9 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

As especificações técnicas necessárias encontram-se no Manual de Encargos da CAGECE. Disponível em: [http://www.cagece.com.br/downloads/manual de encargos de obras de saneamento](http://www.cagece.com.br/downloads/manual_de_encargos_de_obras_de_saneamento).



ART

10 ART

| CAIXA | BOLETO DE COBRANÇA BANCÁRIA - RECIBO DO SACADO | | | | | |
|--|--|-----------------------------------|---|---|------------------------------------|--|
|  <p>Crea-CE Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia do Ceará. CNPJ: 07.135.601/0001-50</p> <p>Rua Castro e Silva, 81, Centro - Fortaleza/CE CEP: 60.030-010 Tel.: (85) 3453.5801 Fax: (85) 3453.5804</p> <p>Site oficial: www.creace.org.br</p> <p>FALE CONOSCO Ouvidoria (11h às 17h) 0800 979 1400</p> | Sacado: LARISSA GONÇALVES MAIA CARACAS RUA TIBÚRCIO CAVALCANTE 1765APTO 202 MEIRELES - FORTALEZA/CE. CEP: 60125100 | | | | | |
| | Rep. Numérica: 10490.54743 33000.200049 00046.542502 3 46710000003150 | | | | | |
| | Ag./Cód. Cedente 1047/054743-3 | Data Emissão 07/07/2010 | Nosso Número 240000000004654254 | Data de Vencimento 22/07/2010 | Valor do Documento 31,50 | |
| | DESCRIÇÃO DA COBRANÇA BANCÁRIA | | | | | |
| | <p>Texto de Responsabilidade do Cedente.</p> <p>Profissional: LARISSA GONÇALVES MAIA CARACAS. Proprietário: CAGECE-COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ. (00012)</p> <p>Obs.: Este boleto não vale como ART. Após o vencimento reimprima um novo boleto no Creadigital.</p> | | | | | |

Autenticação Mecânica

E D 0742 101 385 0807100

31,50R CB05