



PREFEITURA MUNICIPAL DE NOVO HAMBURGO

SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DO BAIRRO ROSELÂNDIA

**REVISÃO E READEQUAÇÃO
DO PROJETO DAS REDES
COLETORAS, ESTAÇÕES
DE BOMBEAMENTO E
ESTAÇÃO DE TRATAMENTO
DE ESGOTO SANITÁRIO**



VOLUME III

**PROJETO HIDRO-MECÂNICO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO
TOMO I - MEMORIAL DESCRITIVO E ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS**

TÍTULO: SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DO BAIRRO ROSELÂNDIA

PRODUTO: REVISÃO E READEQUAÇÃO DAS REDES COLETORAS, ESTAÇÕES DE BOMBEAMENTO E ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO.

EQUIPE TÉCNICA

Eng. Alexandre Grochau Menezes – CREA/RS 120.157
Eng. Fabiano Vianna – CREA/RS 127.137
Eng^a. Caetana Venter – CREA/RS 153.240
Eng. Daniel Cristiano Wrasse – CREA/RS 196.430
Eng. Marcio Martinez Kutscher – CREA/RS 136.067
Eng. Arlindo Soares Räder – CREA/RS 123.055

EQUIPE DE APOIO DE ESCRITÓRIO

Téc. Paola Siebel
Téc. Cristine Berger
Téc. Tanise Melo Nascimento
Jessica Pereira
Estagiária Ana Paula Pereira Villanova

EQUIPE DE APOIO DE CAMPO

Téc. Pedro Jorge Barbosa Pimentel
Téc. Rubens Eduardo Graeff
Téc. Jorge Luiz Oliveira da Silva
Téc. Alex de Melo Luz
Gerson Luiz de Souza
Enio Nunes Cavalheiro
Fábio Hickmann
Lucas Muller Robaldo dos Santos

APRESENTAÇÃO

Este documento é parte integrando do **Projeto Básico do Sistema de Esgotamento Sanitário do Bairro Roselândia**, no município de Novo Hamburgo/RS, desenvolvido pelos Setores de Projetos e Obras, Manutenção Eletromecânica, Produção e a Coordenação Socioambiental da COMUSA Serviços e Água e Esgoto de Novo Hamburgo.

O projeto completo compõe-se de 6 volumes, que compreendem a seguinte disposição:

Volume 1: Projeto Hidráulico das Redes Coletoras de Esgoto.

- Tomo I: Memorial Descritivo e Especificações Técnicas
- Tomo II: Peças Gráficas – Parte 1.
- Tomo III: Peças Gráficas – Parte 2.
- Tomo IV: Peças Gráficas – Parte 3.

Volume 2: Projeto Hidráulico e Mecânico das Estações de Bombeamento de Esgoto.

- Tomo I: Memorial Descritivo e Especificações Técnicas
- Tomo II: Peças Gráficas – Parte 1.

Volume 3: Projeto Hidráulico e Mecânico da Estação de Tratamento de Esgoto.

- Tomo I: Memorial Descritivo e Especificações Técnicas
- Tomo II: Peças Gráficas– Parte 1.

Volume 4: Projeto Elétrico das Estações de Bombeamento e Estação de Tratamento de Esgoto.

- Tomo I: Memorial Descritivo e Especificações Técnicas
- Tomo II: Peças Gráficas– Parte 1.

Volume 5: Projeto de Urbanização da Estação de Tratamento de Esgoto.

- Tomo I: Memorial Descritivo e Especificações Técnicas

- Tomo II: Peças Gráficas (Urbanização, Terraplenagem, Pavimentação e Drenagem Pluvial) – Parte 2.

Volume 6: Memória de Cálculo dos Quantitativos.

- Tomo I: Memória de Cálculo dos Quantitativos



PROJETO EXECUTIVO DO SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO ROSELÂNDIA

VOLUME III

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

MEMORIAL DESCRITIVO

ÍNDICE

1	DESCRIÇÃO GERAL DO EMPREENDIMENTO	6
1.1	Considerações de Caráter Geral	6
2	BLOCO HIDRÁULICO	6
2.1	Estação de Bombeamento de Esgoto Bruto	6
2.2	Desarenador	7
2.3	Reator Anaeróbio	7
2.4	Filtro Biológico Aerado Submerso (FBAS)	9
2.5	Floculador / Decantador / Câmara de Contato	9
2.6	Elevatória de Reciclo	10
2.7	Guarita e Laboratório	11
2.8	Casa de Preparo e Armazenamento de Produtos Químicos	11
2.9	Leitos de Secagem	11
3	PROJETO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO ROSELÂNDIA Características dos esgotos afluentes, contribuições, eficiência a ser alcançada	12
3.1.1	Características dos esgotos afluentes à ETE Roselândia	12
3.1.2	Contribuições à ETE Roselândia	12
3.2	Eficiência a ser alcançada pela ETE Roselândia	16
3.3	Descrição literal do processo de tratamento da ETE Roselândia	17
3.3.1	Generalidades	18
4	ELEVATÓRIA DE ESGOTO BRUTO	19
4.1	Vazão	19
4.2	Poço de sucção	19
4.3	Ciclos de operação das bombas	20
4.4	Capacidade de bombeamento e tipo de bomba	20

4.5	Tubulação de descarga.....	21
4.6	Tubulação de recalque.....	22
4.7	Curvas do sistema hidráulico	23
4.8	Extravasor	29
5	REMOÇÃO DE SÓLIDOS GROSSEIROS (COM $D \leq 2,5\text{cm}$) E AREIA).....	29
5.1	Remoção de sólidos grosseiros	29
5.2	Canal da caixa de areia e medição de vazão	31
6	ALIMENTAÇÃO DO REATOR ANAERÓBIO	35
7	REATOR ANAERÓBIO DE FLUXO ASCENDENTE	40
7.1	Vazão	40
7.2	Concentração e carga de matéria orgânica	41
7.3	Dimensionamento hidráulico.....	41
7.4	Tratamento/destino do biogás.....	47
7.5	Produção diária de lodo biológico	49
7.6	Produção diária de lodo químico.....	51
7.7	Produção diária global de lodo.....	51
7.8	Tubulação de descarga da produção diária global de lodo e remoção de espuma...	52
7.9	Leitos de secagem	53
7.10	Canal de coleta do efluente tratado no reator anaeróbio	55
7.11	Tubulação de alimentação dos filtros biológicos aerados submersos e by-pass para misturador.....	57
8	FILTRO BIOLÓGICO AERADO SUBMERSO	59
8.1	Vazão	59
8.2	Concentração de matéria orgânica e sólidos afluentes ao filtro biológico	59
8.3	Cargas orgânicas superficial e volumétrica	60
8.4	Dimensionamento hidráulico.....	60

8.5	Canal de recepção do líquido filtrado.....	64
8.6	Tubulação de alimentação do decantador	66
8.7	Produção de lodo no FBAS.....	66
9	REMOÇÃO FÍSICO-QUÍMICO DE FÓSFORO	67
9.1	Consumo de cloreto férrico	67
9.2	Lodo químico formado	72
9.3	Misturador rápido de eixo vertical	72
9.4	Floculador hidráulico tipo Alabama	73
10	DECANTADOR SECUNDÁRIO.....	75
10.1	Vazão	75
10.2	Taxa de aplicação superficial.....	75
10.3	Dimensionamento hidráulico.....	75
10.4	Canal de alimentação do decantador	77
10.5	Vertedor do canal de coleta de efluente decantado.....	78
10.6	Canal de coleta do efluente decantado.....	78
10.7	Lodo descartado do decantador	79
11	DESINFECÇÃO DO EFLUENTE TRATADO	82
12	EMISSÁRIO FINAL.....	84
13	DESEMPENHO ESPERADO PELA ETE	85
13.1	Remoção de DBO ₅ , nitrogênio amoniacal e coliformes fecais.....	85
13.1.1	Tratamento primário por reator anaeróbio de fluxo ascendente	85
13.2	Tratamento secundário por filtro biológico aerado submerso	86
13.3	Remoção química de fósforo	87
13.4	Conclusão	88
14	PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO DA ETE	88
14.1	Dimensionamento Estrutural.....	88

14.2	Parâmetros de Dimensionamento.....	89
14.3	Pavimento com Blocos Intertravado de Concreto.....	89

1 DESCRIÇÃO GERAL DO EMPREENDIMENTO

1.1 Considerações de Caráter Geral

O Bloco Hidráulico é constituído por uma estação de bombeamento de esgoto bruto (EBEB), um desarenador com gradeamento manual, dois canais de retenção de areia (um operativo e um de reserva) e dispositivo de medição de vazão por calha Parshall (tratamento preliminar), um reator anaeróbio de fluxo ascendente com manta de lodo (tratamento primário) e de uma unidade para tratamento do biogás produzido, um filtro biológico aerado submerso (FBAS) (tratamento secundário), um floculador, um decantador, uma elevatória de reciclo de lodo do decantador e uma câmara de contato para desinfecção do efluente tratado.

Complementam a Estação de Tratamento de Esgotos, uma pequena guarita com laboratório, uma casa para preparo e armazenamento de produtos químicos, um conjunto de quatro leitos de secagem para desidratação do lodo e as obras de urbanização da ETE.

2 BLOCO HIDRÁULICO

2.1 Estação de Bombeamento de Esgoto Bruto

A EBEB receberá o esgoto bruto por uma tubulação de DN 250 (final da rede coletora, em PVC 250) e será constituída de um sistema preliminar para remoção de sólidos grosseiros composto por um cesto içável, projetado no Poço de Bombas. O cesto é composto por grades que tem um espaçamento entre grades de 5,0 cm, e sua limpeza se dará por meio de lavagem e retirada de sólidos por lavagem, após içamento.

O bombeamento se dará por duas bombas (1 operativa + 1 reserva), de poço úmido (submersas), AMT = 12,81 m.c.a. e vazão de 31,50 L/s cada uma, potência mínima instalada por conjunto de 10 CV e rotação de 1.750 rpm.

Para alteração ou interrupção do fluxo que concorre para o poço de bombas, foi previsto um registro de gaveta com bolsas no PV1 ETE que antecede o Poço de Bombas, que permitirá alterar ou interromper a entrada do afluente na estação elevatória de esgoto bruto.

Foi prevista uma tubulação de “by-pass”, em PVC DN 300, com saída do PV2(ETE) e que desviará diretamente o afluente para o arroio nas cercanias da ETE, por ocasião de uma eventual parada das bombas.

2.2 Desarenador

Seqüencialmente à Estação de Bombeamento de Esgoto Bruto (EBEB) será construído um Desarenador, que fará o tratamento preliminar do esgoto bruto afluente à ETE. O desarenador é composto por dois canais em paralelo, um operativo para caixa de areia e outro de reserva ou de “by-pass”, dotados cada um, de grade manual de barras inclinadas a 70°, com 2,5 cm de espaçamento entre as barras e uma grade de com abertura de 15mm, para remoção de sólidos grosseiros, ocupando a largura total de 400 mm de cada canal. A limpeza das grades será manual, com utilização de rastelo.

A areia acumulada nos canais da caixa de areia será retirada através de registros DN 150, um para cada canal, e descarregada diretamente no veículo caçamba coletor, para encaminhamento ao aterro sanitário municipal.

Para controle da velocidade de escoamento do líquido nos canais da caixa de areia, frente à vazão máxima afluente, será utilizada uma calha Parshall.

Por ocasião da limpeza do canal operativo, a vazão será temporariamente desviada ao canal de “by-pass”, através do acionamento dos “stop-logs” previstos para tal fim.

A jusante da caixa de areia, através de tubulação de PVC DN 200, o afluente será encaminhado até a base do reator anaeróbio, onde foram projetadas as tubulações de distribuição do líquido para o tratamento primário.

2.3 Reator Anaeróbio

Seqüencialmente ao desarenador, projetado para o tratamento preliminar dos esgotos, foi prevista a construção de uma unidade de Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente com Manta de Lodo, destinado ao tratamento primário desses afluentes. A unidade terá as dimensões internas de 8,0 x 12,20 m.

O acesso à parte superior dos reatores será através de uma escada em concreto armado, guarda-corpo e demais componentes, padrão COMUSA.

O líquido vindo do desarenador é descarregado na base (fundo) do reator, através de tubulações adequadamente projetadas para tanto. Serão 48 (quarenta e oito) pontos de distribuição, integrados por tubos de PVC de diâmetros variáveis, dos quais o líquido fluirá e iniciará seu movimento ascendente.

Adotou-se separador trifásico na parte superior do reator. O separador valer-se-á de peças de concreto – viga defletora e paredes decantadoras, construídas em concreto, que desviarão o biogás para pontos estratégicos, facilitando a sua retirada da câmara digestora.

O biogás proveniente da degradação do material orgânico será encaminhado para um biofiltro de carvão ativado a ser construído no parque da ETE.

O esgoto tratado em nível primário, clarificado, será coletado por calha vertedora central projetada em concreto para tal fim, e encaminhado para a tubulação que o veiculará para tubo de PVC DN 150 que o aduzirá para a base do filtro biológico aerado submerso. A calha central (dotada de vertedores do tipo triangulares em ambas as paredes) terá o comprimento útil de 12,20 m, largura de 0,40 m e enchimento de fundo em argamassa de forma a permitir uma declividade no sentido da saída de 1 %.

Será instalado um sistema de amostragem de lodo, composto de registros e tubulações PVC com diâmetro de 50mm, com 5 tomadas de lodo espaçadas de 50cm entre si na vertical na câmara de digestão. Este sistema tem por objetivo determinar o perfil de sólidos do lodo digerido dentro do reator UASB, auxiliando a operação de descarte de lodo.

A retirada do lodo digerido e a espuma do reator anaeróbio, para encaminhamento aos leitos de secagem, será realizada por tubulação de PVC CL 15 DN 100 (frente bloco hidráulico) e ferro fundido DN 100 do reator aos leitos. Complementarmente, se necessário, a espuma remanescente será retirada por bomba móvel com mangote de sucção, que recalcará contra o tanque de um “caminhão pipa”, com a abertura dos tampões de ferro fundido projetados na parte superior do reator.

2.4 Filtro Biológico Aerado Submerso (FBAS)

Seqüencialmente ao reator anaeróbio, previsto para o tratamento primário do esgoto, foi projetada a construção de uma unidade de Filtro Biológico Aerado Submerso (FBAS) destinado ao tratamento secundário desses efluentes. O FBAS terá as dimensões internas em planta de 4,75 x 8,00 m. Junto ao filtro haverá a casa dos sopradores, com dimensões de 2,20 x 3,00 m.

O líquido tratado no reator é encaminhado por meio de tubulação de PVC DN 150 e descarregado no fundo falso do filtro, que distribui ascendentemente o líquido através de placas perfuradas apoiadas em vigas de concreto. Cada placa de concreto tem 10 cm de espessura e 1,00 m x 1,20 m de dimensão. Cada placa tem 49 furos de 3 cm de diâmetro espaçados a cada 15 cm, podendo ser necessário a construção de algumas placas de tamanhos diversos, havendo a dificuldade de encaixe das mesmas sobre as vigas de sustentação.

Acima das placas perfuradas de concreto será instalado o sistema de aeração, do tipo fixo, composto por uma grade com dois ramais de distribuição em aço inox, onde estarão instalados os difusores de bolha grossa. A geração de ar será feita por dois sopradores (um operativo e um de reserva) do tipo rotativo, que deverão fornecer ar limpo, isento de óleos e partículas que poderiam vir a entupir os difusores.

O leito filtrante será constituído de uma única camada de anéis tipo Pall Ring de 2" com uma altura útil de 2,80 m (leito estruturado). A drenagem inferior do filtro (limpeza eventual) será realizada por uma tubulação de aço DN 100 com anel de engaste, que permitirá o envio desse líquido para a tubulação conectada àquela de envio de lodos aos leitos de secagem.

O encaminhamento do líquido já tratado, em nível secundário, até o floculador, se dará por tubulação de PVC DN 150.

2.5 Floculador / Decantador / Câmara de Contato

Seqüencialmente ao Filtro Biológico Aerados Submerso, previu-se a construção de unidades de floculação/decantação/câmara de contato para desinfecção do efluente. O floculador (tipo Alabama) é formado por três câmaras, associadas em série, tendo a

montante uma pequena célula de mistura rápida (mecanizada), onde é adicionado o agente floculante cloreto férrico ao afluente. Cada câmara tem dimensões internas de 1,50 x 1,0 m, com uma altura média útil da ordem de 3,0 m. Lodos formados eventualmente no floculador serão descarregados através de tubulação de PVC DN 150 até a estação de bombeamento de esgoto bruto e novamente entrarão no sistema. A seguir, o efluente é encaminhado ao decantador secundário por meio da estrutura alimentadora que consiste em um canal com um vertedor regulável em fibra de vidro. A dimensão interna do decantador é 5,50 x 9,75 m. No decantador dar-se-á a precipitação química de fósforo e sólidos em suspensão. O efluente clarificado do decantador é encaminhado então à câmara de contato, de maneira a permitir um tempo de contato mínimo do efluente com o agente desinfetante hipoclorito de cálcio, em pastilhas, responsável pela inativação dos organismos termotolerantes (coliformes fecais). A câmara de contato tem como medidas internas 1,45 x 9,75 m.

O decantador é do tipo convencional, sem raspador de fundo. A grande declividade de fundo projetada será a responsável pela condução do lodo sedimentado até um canal de coleta. O lodo coletado é retirado do canal por meio de uma bomba centrífuga de sucção negativa e encaminhado ou ao reator anaeróbio (fundo) ou para a entrada do filtro biológico aerado submerso, opcionalmente.

O efluente final, após desinfecção, é enviado ao corpo receptor, arroio Roselândia, por meio de tubo de MPVC JEI DN 250.

2.6 Elevatória de Reciclo

O lodo sedimentado no decantador será recirculado para o reator anaeróbio ou, alternativamente, para a entrada do FBAS, conectando-se as tubulações para tal fim. Previu-se um único conjunto moto-bomba operando para tal fim, em média oito vezes ao dia, por períodos da ordem de minuto. O volume a ser recalcado em cada operação é de 0,75 m³, por tubulação de diâmetro DN 2" (Aço galvanizado), DI 52,5, por tratar-se de lodo extremamente fluído, e velocidade mínima de 1,0 m/s. A vazão do equipamento será de 0,00216 m³/s, sucção negativa de 1 m, altura manométrica estimada de 5 m e potência mínima nominal de 1,0 CV. A bomba ficará localizada sobre o decantador.

2.7 Guarita e Laboratório

É conjunto único, onde acomodam-se a guarita (espaço para guarda), sanitário completo (lavatório, bacia sanitária e chuveiro), e pequeno laboratório para análises de controle diário, como é o caso de organismos termotolerantes no efluente final.

2.8 Casa de Preparo e Armazenamento de Produtos Químicos

É a casa de química propriamente dita. Nela, estarão posicionados a tina cilíndrica para armazenamento de cloreto férrico (pulmão) e as bombas dosadoras do cloreto férrico (duas), para realização da decantação assistida e remoção de fósforo. Destinou-se espaço físico para futura implantação (se for da intenção da COMUSA) de gerador de dióxido de cloro, com o seu aparato periférico (cilindros de cloro).

Junto a ela, foi projetada a bacia de contenção para tanque principal de armazenamento de cloreto férrico em solução, com volume de 15.000 L.

2.9 Leitos de Secagem

Os Leitos de Secagem receberão o lodo digerido e a espuma proveniente do Reator Anaeróbio. Se necessário, a espuma poderá ser retirada pela parte superior do reator, após a remoção dos tampões projetados, com a utilização de sugador, diretamente para “caminhão pipa”.

Será construído um conjunto de Leitos de Secagem composto por quatro unidades de 8,0 x 22,89 m cada uma.

O conjunto será alimentado por um canal de 0,40 m de largura e com altura variável. Ao longo do canal, visando proporcionar a entrada do lodo nos leitos, para cada leito, previu-se “stop-logs”, com 0,40 m de largura e altura variável que serão operados manualmente. O lodo será descarregado em cada leito sobre laje de concreto de 0,80 X 1,00 m, para evitar o revolvimento da camada filtrante/drenante.

Os leitos de secagem terão um dreno central, no sentido longitudinal, onde serão apostas as camadas filtrante/drenante. A camada filtrante será constituída de areia média, e a camada drenante será constituída de brita nº 1 e nº 3, conforme detalhes apresentados

nas pranchas de projeto. A camada drenante envolverá tubulação de PVC perfurado, que retirará o líquido a drenar.

Externamente aos leitos de secagem e para cada um deles, foi prevista uma caixa externa para coleta do líquido drenado, com 0,60 x 0,60 m. Estas caixas serão conectadas entre si por tubulação de PVC DN 150.

O líquido coletado nos leitos de secagem, será encaminhado à estação de bombeamento de esgoto bruto (EBEB), realizando-se o retorno deste ao Reator Anaeróbio.

3 PROJETO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO ROSELÂNDIA

3.1.1 Características dos esgotos afluentes à ETE Roselândia

Para a definição das características dos esgotos afluentes à ETE Roselândia, adotou-se as informações constantes dos Planos e Projetos já referidos e desenvolvidos pela COMUSA, adaptados à realidade de um sistema separador absoluto, que levam ao seguinte quadro:

Características dos esgotos afluentes à ETE Roselândia(*)		
Característica	Unidade	Valor
SS	mg/L	200
DBO ₅	mg/L	400
DQO	mg/L	800
NTK	mg/L	50
P _T	mg/L	7
Coliformes fecais	organismos/100 mL	1,0 x 10 ⁷
Temperatura dos esgotos	°C (*)	14

(*)Fonte: Dados da COMUSA

3.1.2 Contribuições à ETE Roselândia

As contribuições à ETE Roselândia foram estabelecidas a partir da projeção de população usando o método de crescimento vegetativo com taxa de 1% para estimar a

população atendida pelo SES Roselândia, ajustando-se o horizonte final de projeto para o ano de 2040.

À época do dimensionamento da ETE Roselândia, não foi considerada a contribuição de vazão do Residencial Munique, em torno de 1,40 l/s para a vazão máxima. Esta vazão, mesmo sendo a máxima de dimensionamento de rede, não altera a capacidade de depuração do reator UASB nem do FBAS, visto que o tempo de detenção no UASB ficaria acima de 7h e próximo à 8h e a carga orgânica do FBAS foi dimensionada com uma pequena folga operacional. O residencial ainda prevê um sistema tipo Tanque Séptico e Filtro Anaeróbio dimensionado de acordo com as NBR 7229 e NBR 13969, que alcança eficiência entre 40% e 80% de remoção de carga orgânica e TSS, não sobrecarregando a ETE em termos de carga orgânica.

As taxas de crescimento populacional foram estimadas a partir de dados do IBGE para o Município de Novo Hamburgo e para o Estado do Rio Grande do Sul.

Novo Hamburgo (dados de 2000 à 2010)		
P ₂₀₀₀ (IBGE)=	236.193	contagem
P ₂₀₁₀ (IBGE)=	238.940	contagem
TxCresc.=	0,002894984	
TxCresc.=	0,289%	

Contagem de população para o município de Novo Hamburgo. Dados do IBGE de 2000 e 2010. A taxa de crescimento calculada ficou abaixo de 0,3%.

Rio Grade do Sul (dado de 2000 à 2010)		
P ₂₀₀₀ (IBGE)=	10.187.798	contagem
P ₂₀₁₀ (IBGE)=	10.693.929	contagem
TxCresc.=	0,012195128	
TxCresc.=	1,220%	

Contagem de população para o Estado do Rio Grande do Sul. Dados do IBGE de 2000 e 2010. A taxa de crescimento calculada foi 0,22% maior que 1%. Desta forma, para projetar a população atendida pelo SES Roselândia, foi adotada a taxa de crescimento de 1%.

a) Consumo de água “per capita”:

Adotou-se o valor de 150 L/hab.d adotado com base nos estudos de consumo realizados pela COMUSA.

b) k_1 e k_2 :

Para os coeficientes de pique do dia e hora de maior consumo de água, respectivamente, foram fixados os valores:

$$k_1 = 1,20 \quad e \quad k_2 = 1,50$$

c) Coeficiente de retorno água/esgoto:

De acordo com a NBR-9648, fixou-se o coeficiente de retorno água/esgoto em:

$$C = 0,80$$

d) Contribuições domésticas (à rede coletora, sem infiltração):

d.1) Vazões:

- Vazão máxima horária:

Foi calculada com base na expressão:

$$Q_{\text{máx}} = \underline{q \times k_1 \times k_2 \times P \times C} \text{ (L/s)}$$
$$86.400$$

onde

q = consumo “per capita”, 150 L/hab.d;

k_1 e k_2 = coeficientes do dia e hora de maior consumo, 1,20 e 1,50, adimensionais;

P = população de projeto, habitantes;

C = coeficiente de retorno água/esgoto, 0,80, adimensional.

- Vazão média diária:

$$Q_{\text{méd}} = \underline{q \times P \times C} \text{ (L/s)}$$

86.400

- Vazão mínima (metade da vazão média):

$$Q_{\text{mín}} = \underline{Q_{\text{méd}}}$$

2

d.2) Carga orgânica:

Para a avaliação preliminar da carga orgânica originada pelos esgotos domésticos, e o estabelecimento da concentração de DBO₅, adotou-se o valor “per capita” recomendado pela NBR 12209:

54 g de DBO₅/hab.d

e) Contribuições industriais:

Não existe na região em estudo nenhuma indústria que tenha significância em termos de contribuição de esgotos ao sistema.

f) Contribuições por infiltração:

Será admitida única a taxa de infiltração tanto para rede quanto para as unidades a partir do sistema de tratamento primário.

- taxa de infiltração média igual a 50 % da taxa máxima, ou **0,25 l/s.km**. A rede “de per si” opera como um instrumento amortecedor das ondas de cheia. O comprimento de rede considerado 9.714,95 m.

g) Tabela de contribuições à ETE Roselândia (**com infiltração**):

Seg.	Ano	População	Comprimento da Rede	Vazão de Infiltração	Vazão Dom. Mínimo	Vazão Dom. Média	Vazão Dom. Máxima	Qmáx. de Dimens. Rede	Qmáx. de Dimens. EBE final	Qmáx. de Dimens. ETE final
		hab	km	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s
1	2014	4755	9,71	4,86	3,302	9,906	11,888	16,743	16,743	12,334
2	2015	4803	9,71	4,86	3,335	10,006	12,008	16,863	16,863	12,434
3	2016	4851	9,71	4,86	3,369	10,106	12,128	16,983	16,983	12,534
4	2017	4900	9,71	4,86	3,403	10,208	12,250	17,105	17,105	12,636
5	2018	4949	9,71	4,86	3,437	10,310	12,373	17,228	17,228	12,738
6	2019	4998	9,71	4,86	3,471	10,413	12,495	17,350	17,350	12,840
7	2020	5048	9,71	4,86	3,506	10,517	12,620	17,475	17,475	12,944
8	2021	5098	9,71	4,86	3,540	10,621	12,745	17,600	17,600	13,048
9	2022	5149	9,71	4,86	3,576	10,727	12,873	17,728	17,728	13,155
10	2023	5200	9,71	4,86	3,611	10,833	13,000	17,855	17,855	13,261
11	2024	5252	9,71	4,86	3,647	10,942	13,130	17,985	17,985	13,369
12	2025	5305	9,71	4,86	3,684	11,052	13,263	18,118	18,118	13,480
13	2026	5358	9,71	4,86	3,721	11,163	13,395	18,250	18,250	13,590
14	2027	5412	9,71	4,86	3,758	11,275	13,530	18,385	18,385	13,703
15	2028	5466	9,71	4,86	3,796	11,388	13,665	18,520	18,520	13,815
16	2029	5521	9,71	4,86	3,834	11,502	13,803	18,658	18,658	13,930
17	2030	5576	9,71	4,86	3,872	11,617	13,940	18,795	18,795	14,044
18	2031	5632	9,71	4,86	3,911	11,733	14,080	18,935	18,935	14,161
19	2032	5688	9,71	4,86	3,950	11,850	14,220	19,075	19,075	14,278
20	2033	5745	9,71	4,86	3,990	11,969	14,363	19,218	19,218	14,396
21	2034	5802	9,71	4,86	4,029	12,088	14,505	19,360	19,360	14,515
22	2035	5860	9,71	4,86	4,069	12,208	14,650	19,505	19,505	14,636
23	2036	5919	9,71	4,86	4,110	12,331	14,798	19,653	19,653	14,759
24	2037	5978	9,71	4,86	4,151	12,454	14,945	19,800	19,800	14,882
25	2038	6038	9,71	4,86	4,193	12,579	15,095	19,950	19,950	15,007
26	2039	6098	9,71	4,86	4,235	12,704	15,245	20,100	20,100	15,132
27	2040	6159	9,71	4,86	4,277	12,831	15,398	20,253	20,253	15,259

3.2 Eficiência a ser alcançada pela ETE Roselândia

Com base nos resultados apontados pela Tabela de contribuições à ETE Roselândia, as vazões a serem adotadas no dimensionamento do sistema são as seguintes:

$Q_{\text{máx}} = 20,25 \text{ L/s}$, no dimensionamento do conjunto bombeamento de esgoto bruto-tratamento preliminar;

$Q_{\text{méd}} = 15,26 \text{ L/s}$, no dimensionamento das unidades a partir do tratamento primário;

$Q_{\text{mín}} = 9,13 \text{ L/s}$, na verificação das taxas mínimas de aplicação superficial no tratamento preliminar.

Em síntese, dada a capacidade de atenuação das ondas de cheia nos tanques de tratamento, a ETE atenderá a uma população de 6.159 habitantes, com capacidade para tratar até 20,25 L/s nos momentos de pico.

Essa vazão de 20,25 L/s corresponde a 1.750 m³/d. Para atendimento da mesma, a Resolução Consema 128 da FEPAM estabelece o seguinte padrão de emissão:

Nitrogênio amoniacal $\leq 20 \text{ mg/L}$

DBO₅ $\leq 70 \text{ mg/L}$

DQO $\leq 200 \text{ mg/L}$

Sólidos suspensos $\leq 70 \text{ mg/L}$

Fósforo total $\leq 3 \text{ mg/L}$ ou remoção de 75 %

Organismos termotolerantes $\leq 10^5 \text{ NMP/100 mL}$ ou remoção de 95 %.

3.3 Descrição literal do processo de tratamento da ETE Roselândia

A partir da estação de bombeamento final de esgoto bruto, o líquido será encaminhado para a unidade de tratamento preliminar, que para fins didáticos denominou-se desarenador. Trata-se de dois canais com grades para retirada manual de sólidos grosseiros a montante, dois canais para remoção de areia (um operativo e um de reserva) e uma calha Parshall a jusante, com vistas ao controle de velocidades e medição do fluxo. O tratamento primário dar-se-á através de um reator anaeróbio de fluxo ascendente (reator

UASB, em língua inglesa); o tratamento secundário dar-se-á através de um filtro biológico aerado submerso (FBAS), associado em série ao reator anaeróbio. O FBAS é uma unidade extremamente simples, que repete em parte o filtro biológico percolador (FBP): enquanto o FBP opera com ar introduzido naturalmente no meio percolador, o FBAS trabalha com ar fornecido mecanicamente, à taxas que permitem atingir-se patamares de oxidação do íon amônia nos limites prescritos pela Resolução CONSEMA n°. 128 (FEPAM/RS). Ao filtro estarão associadas uma unidade de mistura rápida, um floculador e um decantador secundário, projetados para clarificação final do efluente, remoção química de fósforo e retenção de lodo ativo efluente do FBAS. O lodo produzido no reator anaeróbio será encaminhado para leitos de secagem natural. Tanto o líquido gerado pela desidratação do lodo nos leitos quanto o lodo retido no decantador secundário (e eventuais descargas do lodo de lodo retido no fundo falso do FBAS), serão recirculados para o reator anaeróbio (o lodo do decantador via bombeamento), realizando-se assim a sua segregação. O decantador será seguido solidariamente de câmara de contato, onde será realizada a desinfecção do líquido tratado em nível terciário.

3.3.1 Generalidades

A ETE ROSELÂNDIA ocupará uma área a ser desapropriada pela COMUSA, localizada na região denominada Roselândia, conforme definido nas plantas do projeto.

A implantação da ETE contará com a execução das seguintes obras:

- ✓ Construção de um Bloco Hidráulico composto por uma estação de bombeamento de esgoto bruto (EBEB), um desarenador com gradeamento manual, dois canais de retenção de areia (um operativo e um de reserva) e dispositivo de medição de vazão por calha Parshall (tratamento preliminar), um reator anaeróbio de fluxo ascendente com manta de lodo (tratamento primário) e de uma unidade para tratamento do biogás produzido, um filtro biológico aerado submerso (FBAS) (tratamento secundário), um floculador, um decantador, uma câmara de contato para desinfecção e uma elevatória de reciclo de lodo do decantador;
- ✓ Construção de uma guarita com laboratório;
- ✓ Construção de uma casa para preparo e armazenamento de produtos químicos;

- ✓ Construção de um conjunto de leitos de secagem, composto por quatro unidades;
- ✓ Urbanização do parque da ETE.

4 ELEVATÓRIA DE ESGOTO BRUTO

4.1 Vazão

A vazão afluyente à estação elevatória é a já referida:

$$Q_{\text{máx}} = 20,25 \text{ L/s}$$

4.2 Poço de sucção

Junto à ETE (solidária a mesma), foi projetada estação de bombeamento de esgoto bruto, dotada de cesto içável, para remoção de sólidos grosseiros com diâmetros iguais ou maiores que 1,9 cm (3/4"). As características principais da EBEB e os critérios de cálculo da mesma são descrito em seqüência.

- Volume:

O volume do poço de sucção foi determinado a partir da adoção de dois grupos motor-bomba (um operativo e um de reserva), admitindo-se a intercambiabilidade entre estes, o que permite a redução de ciclos (NBR-12208, e Anexo 1 da antiga P-NB-569), para até um mínimo de 7,5 minutos. Os cálculos foram realizados com base na equação seguinte:

$$(Q_b \cdot t)/V_u = (Q_b \cdot 7,5)/V_u = 4 \quad \text{e} \quad V_u = 1,875 \cdot Q_b$$

onde

$$Q_b = \text{m}^3/\text{min};$$

$$V_u = \text{m}^3.$$

$$Q_b = 31,50 \text{ L/s} = 1,89 \text{ m}^3/\text{min} \quad \text{e} \quad V_u = 1,875 \cdot 1,89 = 3,54 \text{ m}^3$$

- Dimensionais:

Conforme item subsequente, a altura de lâmina útil de líquido no poço foi fixada em 1,39 m. Para largura e comprimento do poço, fixou-se 1,7 x 1,5 m, respectivamente.

O volume útil do poço resulta:

$$V_u = 1,39 \times 1,7 \times 1,5 = 3,54 \text{ m}^3$$

4.3 Ciclos de operação das bombas

A verificação dos ciclos de operação foi realizada com base na expressão:

$$t_c = V_u / Q_b (1 + Q / (Q_b - Q)) + V_u / Q$$

onde

t_c = tempo de ciclo, em minutos;

V_u = volume útil, em m^3 ;

Q = vazão afluyente, não superior a Q_b , em m^3/min , usando a vazão média

Q_b = capacidade de bombeamento, em m^3/min , usando a vazão máxima afluyente

$$t_c = 3,54 / 1,89 * (1 + 1,417 / (1,89 - 1,417)) + 3,54 / 1,417 = 9,99 \text{ min} \quad (\text{ok})$$

4.4 Capacidade de bombeamento e tipo de bomba

- Capacidade:

Foram previstas duas bombas de igual capacidade, uma operativa e uma de reserva. Assim, a capacidade de cada bomba será igual à máxima afluyente, para redução de ciclos.

$$Q_B = 31,50 \text{ L/s}$$

Como o diâmetro da tubulação de recalque (conforme avaliação em tópico seguinte) é DN 200, MPVC JEI 1MPa, e admitindo a utilização de inversores de frequência para os grupos motor-bomba, recomenda-se que a vazão mínima de bombeamento esteja associada à velocidade mínima sugerida pela Norma. Assim:

$$Q_{\text{minbomb}} = \frac{\pi \times DI^2}{4} \times V_{\text{min}} = \frac{\pi \times (0,2094)^2}{4} \times 0,60 = 0,02066 \text{ m}^3/\text{s} = 20,66 \text{ L/s}$$

- Tipo de bomba:

Serão utilizadas bombas do tipo submersíveis, de poço úmido.

4.5 Tubulação de descarga

a) descarga individual:

Como o diâmetro da tubulação de recalque (conforme avaliação em tópico seguinte) é DI 191,0 , tem-se:

$$V_r = 1,10\text{m/s}$$

Como serão utilizadas duas bombas, uma operativa e uma de reserva, adotar-se-á a mesma velocidade para o cálculo do diâmetro de cada tubulação de descarga individual:

$$D_i = 0,1910\text{m}, \text{ ou DI } 191,0 \text{ (MPVC JEI 1MPa)}.$$

b) descarga comum:

Adotar-se-á para diâmetro desta o mesmo adotado para a tubulação de recalque (conforme avaliação em tópico seguinte):

$D_c = 0,1910$ ou DI 191,0 (MPVC JEI 1MPa).

4.6 Tubulação de recalque

A escolha do diâmetro foi realizada com base na equação de Bresse:

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

onde

D = diâmetro, em m;

K = coeficiente de Bresse, adotado igual a 1,0;

Q = vazão recalcada, em m³/s.

$D_r = 1,0 \times (0,03150)^{0,5} = 0,1775 \text{ m} \Rightarrow$ Adotado DN 200, DE 222, DI 209,4 MPVC JEI 1MPa.

De acordo com a NBR-12.208, para a descarga/recalque a velocidade deve estar compreendida entre:

$$0,60 \leq v \leq 3,00 \text{ m/s}$$

$$V_r = (4 \times 0,03150) / (\pi \times 0,1910^2) = 1,10 \text{ m/s}$$

Verifica-se que a velocidade fica compreendida no intervalo recomendado pela Norma; como se trata de esgoto bruto, é importante que se limite o diâmetro a um valor que permita a passagem de alguns sólidos de maior diâmetro, sem que haja entupimento. Justifica-se, assim, a adoção de DI 191.

O comprimento da linha de recalque foi estimado conservadoramente em:

$$L_r = 16,05 \text{ m}$$

O material da tubulação será o MPVC JEI 1MPa.

4.7 Curvas do sistema hidráulico

- Desníveis geométricos de recalque:

Os desníveis geométricos de recalque são definidos pela diferença entre a cota de descarga (eixo do tubo) na caixa de areia e os níveis de líquido máximo e mínimo no poço de sucção. Resultam, assim:

Cota de descarga na caixa de areia..... = 39,80 m

Cota do nível máximo de líquido no tubo vertical de sucção..... = 28,84 m

Cota do nível mínimo de líquido no tubo vertical de sucção..... = 27,45 m

Logo:

$$HG_{\text{máx}} = 39,80 \text{ m} - 28,84 \text{ m} = 12,35 \text{ m}$$

$$HG_{\text{mín}} = 39,80 \text{ m} - 27,45 \text{ m} = 10,96 \text{ m}$$

- Perdas de carga:

A verificação hidráulica da tubulação de recalque foi realizada a partir das equações de Darcy-Weisbach e Colebrook-White, considerando-se o escoamento em conduto forçado por recalque. Assim, as perdas de carga lineares ou distribuídas resultaram da aplicação dos modelos:

$$\Delta H_L = \frac{f \cdot L \cdot V^2}{D \cdot 2g} \quad (\text{D-W})$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{\epsilon_s}{3,71D} + \frac{2,51}{\text{Re} \sqrt{f}} \right) \quad (\text{C-W})$$

onde

f = coeficiente de perdas, adimensional;

L = comprimento de tubulação, em m;

V = velocidade de escoamento do líquido, em m/s;

D = diâmetro nominal da tubulação, em m;

ε_s = rugosidade equivalente a areia de Nikuradse (0,002 mm para tubo plástico);

R_e = número de Reynolds [$R_e = (VD)/\nu$] (adimensional);

ν = coeficiente de viscosidade cinemático (m²/s).

As perdas de carga singulares ou localizadas foram estimadas a partir da equação:

$$\Delta H_s = \frac{\sum k \cdot V^2}{2g}$$

onde

$\sum k$ = somatório dos coeficientes de perda das singularidades, adimensional, adotado igual a 7,85 (1 redução 0,15 + cotovelos 90° 4x0,90 + Válvula retenção 2,50 + curvas 45° 2x0,20+ registro de gaveta 0,20 + saída de conduto 1,00);

V = velocidade de escoamento do líquido, em m/s.

As perdas de carga totais resultam da soma das perdas distribuídas e localizadas:

$$\Delta H_T = \Delta H_L + \Delta H_s$$

Para o recalque em estudo, obtém-se:

DN 200, DE 222, DI 191 MPVC JEI 1MPa = 0,1910 m

$Q = 31,50 \text{ L/s} = 0,03150 \text{ m}^3/\text{s}$

$f = 0,02199$

$L = 16,05 \text{ m}$

$V = 1,10 \text{ m/s}$

$\Delta H_L = 0,38 \text{ m}$

$$\Delta H_s = 0,08 \text{ m (adotada uma válvula de pé)}$$

$$\Delta H_T = 0,08 + 0,38 = 0,46 \text{ m}$$

- Alturas manométricas:

As alturas manométricas de recalque resultam da soma das alturas estáticas máxima e mínima com as perdas de carga totais:

$$AMT_{\text{máx}} = HG_{\text{máx}} + \Delta H_T = 12,35 + 0,46 = 12,81 \text{ m}$$

$$AMT_{\text{mín}} = HG_{\text{mín}} + \Delta H_T = 10,96 + 0,46 = 11,41 \text{ m}$$

- Curvas do sistema:

Os pontos a serem fornecidos aos fabricantes para a seleção dos equipamentos estão reproduzidos a seguir:

Vazão (L/s)	Perda de carga(m)			Altura manométrica(m)	
	h_s	h_L	h_T	HGmáx = 12,80 m	HGmín = 11,41 m
7,88	0,01	0,02	0,03	12,38	10,99
31,50	0,07	0,38	0,45	12,81	11,42
55,13	0,23	1,17	1,40	13,75	12,36

- Potências consumida e instalada

A avaliação da potência consumida foi realizada a partir da adoção de um rendimento de 75 % para os conjuntos motor-bomba, compatível com os equipamentos normalmente utilizados em esgotos sanitários, utilizando-se o modelo em seqüência:

$$P \text{ (CV)} = 1000 \cdot Q \cdot AMT / (75 \cdot \eta)$$

A potência instalada é a consumida acrescida de 10 %, fixando-se no entanto como potência nominal de placa de motor, àquela cujo motor é produzido comercialmente, imediatamente superior à potência calculada.

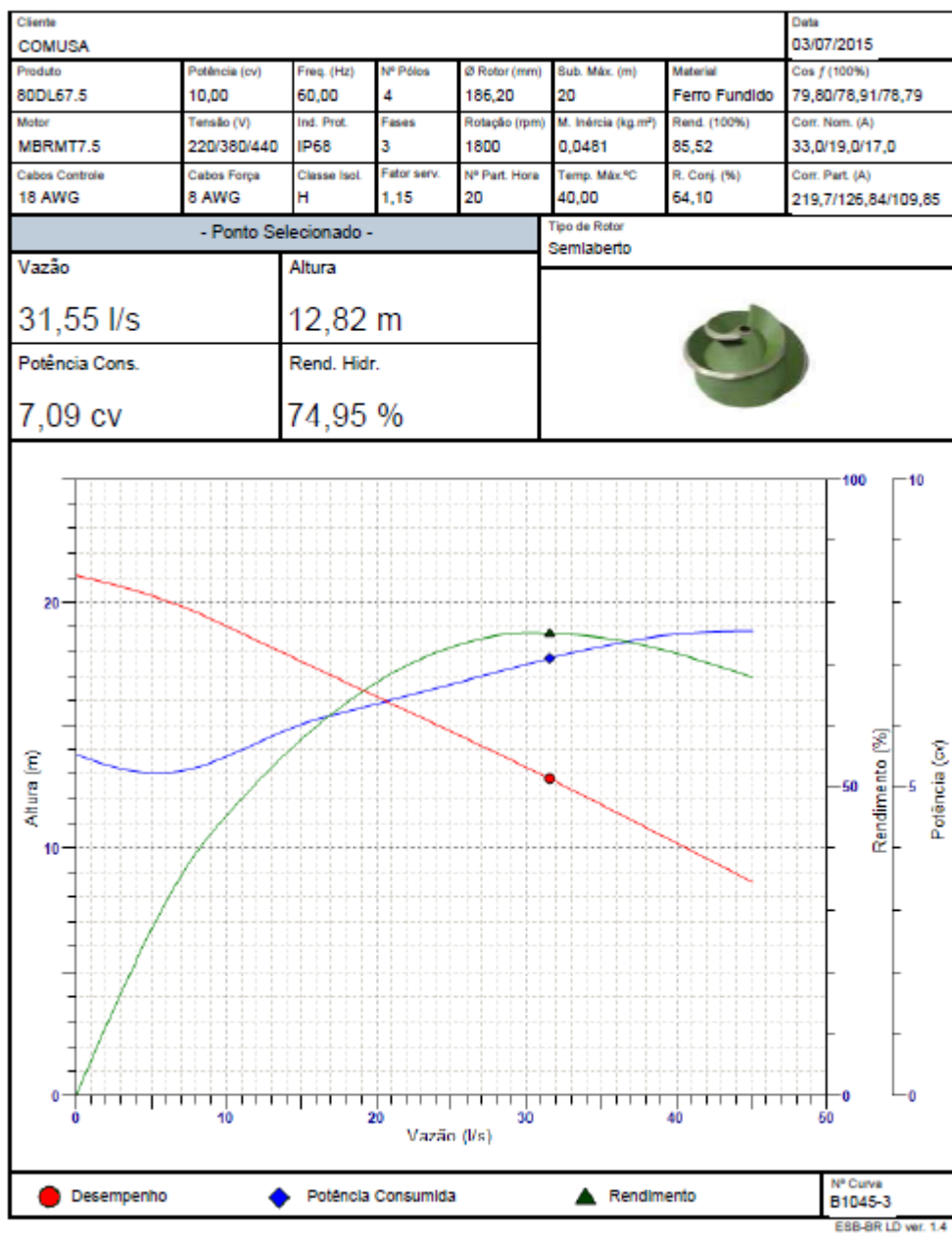
- Potência consumida:

$$P_c = 1000 \times 0,03150 \times 12,80 / (75 \times 0,75) = 7,17 \text{ CV}$$

- Potência instalada:

$$P_i = 7,17 \times 1,10 = 7,89 \text{ CV} \Rightarrow \text{Adotado } 10,0 \text{ CV}$$

Em seqüência, são apresentadas as características do equipamento de bombeamento adotado como paradigma.



FOLHA DE DADOS BOMBAS SUBMERSÍVEIS

DADOS DO CLIENTE									
Cliente					Usuário Final				
Item	01				Aplicação				
Serviço	Esgoto bruto gradeado				Quantidade	01	Operação: 01	Reserva: 00	
CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO E PERFORMANCE									
1	Regime de trabalho	Contínuo	81	8	Vazão nominal individual	30,3	l/s		
2	pH	Não informado	9		Altura manométrica total	13,2	m		
3	Material erosivo	Não informado	10		Desnível geométrico	Não informado	m		
4	Concentração	-	%	11	Rendimento hidráulico	75,04	%		
5	Temp. de bombeamento	Ambiente	°C	12	Potência cons. (BHP)	7,01	cv		
6	Densidade a TB	1,0	kg/l	13	Altura com vazão nula	21,10	m		
7	Viscosidade a TB	1,0	cP	14	Momento de inércia	0,0481	kg.m²		
EQUIPAMENTO SELECIONADO									
15	Marca / Modelo da bomba	EBARA / 80DL67.5			19	Tipo do Impulsor	Semiaberto		
16	Modelo do motor	MBRMT7.5			20	Ø do Impulsor	186,20	mm	
17	Faixa Operacional	6,67 ~ 40,56	l/s		21	Tipo de instalação	Fixa úmida		
18	Nº da curva	B1045-3			22				
DADOS DO MOTOR									
23	Tipo	Elétrico, trifásico, de indução			32	Tipo de rotor	Gaiola de esquilo		
24	Câmara	Estanque / Operação em seco			33	Vedação	Anéis "O"		
25	Potência nominal	10,0	cv		34	Proteção	IP68		
26	Velocidade	1.800	rpm		35	Tipo de partida	Direta		
27	Tensão de trabalho	220/380/440	V		36	Classe de Isolação	H		
28	Corrente nominal	33,0/19,0/17,0	A		37	Proteção térmica	Tipo bimetalico embutido na bobina		
29	Corrente de partida	219,7/126,84/109,85	A		38	Detector de vazamento tipo bola	Na câmara do estator (2 a 10 cv) / Na câmara seca (15 a 150 cv)		
30	Rendimento 100%	85,52	%		39	Fator de serviço	1,15		
31	Fator de potência 100%	79,80/78,91/78,79	%		40	Tolerância	Tensão ± 10% / Freqüência ± 5%		
32	Frequência	60	Hz						
MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO									
41	Carcapa (voluta)	Ferro Fundido GG20			51	Alça de içamento	Aço Carbono SAE 1020		
42	Rotor (impulsor)	Ferro Fundido GG20			52	Selo mecânico inferior	Carbeto de Silício x Carbeto de Silício		
43	Tampa de sucção	Ferro Fundido GG20			53	Selo mecânico superior	Grafito x Cerâmica		
44	Anel de desgaste	-			54	Mancais	Rolamentos de esfera		
45	Carcapa do motor	Ferro Fundido GG20			55	Cabo elétrico de força	Borracha Cloroprene		
46	Camisa de refrigeração	-			56	Cabo elétrico de controle	Borracha Cloroprene		
47	Curva de sucção *	-			57	Cotovelo de descarga	Ferro Fundido GG20		
48	Eixo	Aço Inoxidável AISI 420			58	Pedestal *	Ferro Fundido GG20		
49	Anéis "O"	Borracha Nitrílica			59	Tubo guia	Aço Galvanizado		
50	Parafusos e porcas	Aço Inoxidável AISI 304			60	Corrente de içamento	Aço Galvanizado		
ACESSÓRIOS INCLuíDOS									
61	Pedestal + suporte tubo guia	Sim	LL100		67	Cabo elétrico de força	Sim	1x10m Ø8 AWG	
62	Cotovelo de descarga	Sim	Ø 80mm		68	Cabo elétrico de controle	Sim	1x10m Ø18 AWG	
63	Adaptação para mangote	Não	-		69	Relé pl/monit. sensores	Não	-	
64	Tubo guia	Sim	2x6m Ø 1 1/2"		70	Adaptação pl/ pedestal *	Não	-	
65	Corrente de içamento	Sim	5m Ø 9mm		71	Banco de capacitores	Não	-	
66	Chumbadores	Não	-		72	Contra flange	Não	-	
TESTE DE FÁBRICA									
73	Performance, conforme ISO 9906 – anexo A	Sim		76	Revestimento interno com Resina Cerâmica	Não		Realizado	
74	Elétrico (conforme procedimento padrão Ebara)	Sim		77	Pintura base Borracha Clorada (padrão)	Sim			
75	Hidrostático da voluta, com água	Não		78	Pintura base Alcatrão de Hulha (especial)	Não			
LIMITAÇÕES									
79	Submersão máxima	20m		83	Conjunto motobomba	162,00			
80	Temperatura máxima de trabalho	40°C		84	Pedestal	46			
81	nº máximo de partidas por hora	20		85	Cotovelo de descarga	9,80			
82	Nível mínimo	300mm		86	Outros	-			
NOTAS									
87	Aplicável somente em instalação fixa, em seco. *								Data:
88	Adaptação para instalação em pedestal existente. *								29/07/2015
89	Pedestal (Conector Rápido de Descarga) para instalação fixa, em poço úmido. *								ESB-BR
90									

4.8 Extravasor

Na ocorrência de uma eventual pane no sistema de bombeamento, ou necessidade de parada dos grupos motor-bomba ou da própria ETE, poderia ocorrer o afogamento das redes coletoras de esgotos. Para evitar essa circunstância, projetou-se no PV do parque da ETE denominado PV2, tubulação extravasora DN 300 em PVC tipo esgoto, com sua geratriz inferior interna na cota 32,00 m, o que evitará pressões positivas na rede. Desta cota, os esgotos serão retirados (extravasados), e daí para a rede de drenagem pluvial existente nas imediações ou para o próprio arroio.

5 REMOÇÃO DE SÓLIDOS GROSSEIROS (COM $D \leq 2,5\text{CM}$) E AREIA)

5.1 Remoção de sólidos grosseiros

Com vistas à remoção de sólidos grosseiros carregados pelos esgotos e recalcados para a caixa de areia, foram projetadas grades manuais, de barras inclinadas (60°), com 2,5 cm de e 1,5cm espaçamento entre estas. De acordo com os detalhes do projeto, estará aposta em canal de 0,35 m de largura, a montante do canal da caixa de areia. A limpeza da grade será manual, com a utilização de rastelo.

- lâminade líquido a montante da garganta do Parshall de $W = 3'' = 7,6 \text{ cm}$ (de acordo com o dimensionamento do canal da caixa de areia, em item subsequente):

$$\text{Para } Q_{\min} = 9,13 \text{ L/s} \quad \Rightarrow \quad H_o = 0,074 \text{ m}$$

$$\text{Para } Q_{\text{méd}} = 15,26 \text{ L/s} \quad \Rightarrow \quad H_o = 0,132 \text{ m}$$

$$\text{Para } Q_{\max} = 31,50 \text{ L/s} \quad \Rightarrow \quad H_o = 0,255 \text{ m}$$

- características da grade 1:

abertura "a" = 2,5 cm

espessura "t" = 1,0 cm

- características da grade 2:

abertura “a” = 1,5 cm

espessura “t” = 0,65 cm

- eficiência da grade 1:

$$E = 2,5 / (2,5 + 1,0) = 0,714$$

- eficiência da grade 2:

$$E = 1,5 / (1,5 + 0,65) = 0,698 = 69,8\%$$

- velocidade no canal da grade 1 e 2 para Q_{bomb} (situação prática):

$$H_o = 0,26 \text{ m}$$

$$b = 0,62 \text{ m (adotado)}$$

$$A_T = 0,158 \text{ m}^2$$

$$V_o = Q_{\text{bomb}} / A_T = 0,03150 / 0,158 = 0,20 \text{ m/s}$$

- velocidade na grade 1 limpa para Q_{bomb} (situação prática):

$$H_o = 0,26 \text{ m}$$

$$b = 0,62 \text{ m}$$

$$A_T = 0,158 \text{ m}^2$$

$$A_U = A_T \times E = 0,158 \times 0,714 = 0,112 \text{ m}^2$$

$$V = Q_{\text{máx}} / A_U = 0,03150 / 0,112 = 0,28 \text{ m/s}$$

- velocidade na grade 2 limpa para Q_{bomb} (situação prática):

$$H_o = 0,26 \text{ m}$$

$$b = 0,62 \text{ m}$$

$$A_T = 0,1582 \text{ m}^2$$

$$A_U = A_T \times E = 0,1582 \times 0,697 = 0,110 \text{ m}^2$$

$$V = Q_{\text{máx}} / A_U = 0,03150 / 0,110 = 0,29 \text{ m/s}$$

- perdas de carga na grade 1 limpa para Q_{bomb} (situação prática):

$$h = \frac{V^2 - V_0^2}{2g} \times \frac{1}{0,7} = \frac{(0,29)^2 - (0,20)^2}{2g} \times \frac{1}{0,7} = 0,003 \text{ m}$$

- perdas de carga na grade 2 limpa para Q_{bomb} (situação prática):

$$h = \frac{V^2 - V_0^2}{2g} \times \frac{1}{0,7} = \frac{(0,29)^2 - (0,20)^2}{2g} \times \frac{1}{0,7} = 0,003 \text{ m}$$

- perda de carga na grade 1 suja (50 % obstruída), para Q_{bomb} (situação prática):

$$h = \frac{(0,56)^2 - (0,20)^2}{2g} \times \frac{1}{0,7} = 0,020 \text{ m}$$

- perda de carga na grade 2 suja (50 % obstruída), para Q_{bomb} (situação prática):

$$h = \frac{(0,58)^2 - (0,20)^2}{2g} \times \frac{1}{0,7} = 0,021 \text{ m}$$

5.2 Canal da caixa de areia e medição de vazão

- dispositivo de medição de vazão:

Para controle da velocidade de escoamento do líquido no canal da caixa de areia, frente a vazão máxima afluyente, selecionou-se uma calha ou medidor Parshall com garganta $W = 3'' = 7,6 \text{ cm}$, que permite a medição de vazão entre 0,85 e 53,8 L/s.

A medição de vazão será realizada através de régua milimetrada colocada verticalmente do lado interno do canal do Parshall, a 0,31 m para montante da seção de controle (garganta do medidor). A régua terá sua parte inferior coincidente com a base da

seção de controle, o que permitirá ao operador, mediante a verificação da altura da lâmina que esteja ocorrendo, avaliar a vazão afluente ao tratamento.

- lâminas de água imediatamente a montante da garganta do medidor:

Para um Parshall com $W = 3''$, tem-se $K = 0,176$ e $n = 1,547$. As lâminas resultam:

$$Q = KH^n ; H = (Q / K)^{1/n}$$

$$\text{Para } Q_{\min} = 9,13 \text{ L/s} \Rightarrow H = 0,148 \text{ m}$$

$$\text{para } Q_{\text{méd}} = 15,26 \text{ L/s} \Rightarrow H = 0,206 \text{ m}$$

$$\text{para } Q_{\max} = 20,25 \text{ L/s} \Rightarrow H = 0,247 \text{ m}$$

$$\text{para } Q_{\text{bomb}} = 31,50 \text{ L/s} \Rightarrow H = 0,329 \text{ m}$$

- ressalto Z:

$$Q_{\min} = H_{\min} - Z$$

$$Q_{\max} H_{\max} - Z$$

$$\frac{0,00913}{0,03150} = \frac{0,148 - Z}{0,329 - Z} \Rightarrow Z = 0,074 \text{ m}$$

- altura H_0 das lâminas no canal de acumulação de areia:

$$\text{para } Q(9,13 \text{ L/s}) = H - Z = 0,148 - 0,074 = 0,074 \text{ m}$$

$$\text{para } Q(15,26 \text{ L/s}) = 0,206 - 0,074 = 0,14 \text{ m}$$

$$\text{para } Q(20,80 \text{ L/s}) = 0,247 - 0,074 = 0,181 \text{ m}$$

$$\text{para } Q(31,5 \text{ L/s}) = 0,329 - 0,074 = 0,255 \text{ m}$$

- largura da seção transversal do canal (1 operativo + 1 de reserva), para a situação mais crítica:

$$A_T = H_0 \times b = 0,26 \times b$$

$$Q = A_T \times V \therefore A_T = Q / V$$

$$0,26 \times b = Q / V \therefore b = Q / (0,26 \times V)$$

para $Q = 31,50 \text{ L/s}$, $V = 0,30 \text{ m/s}$ (arbitrado):

$$b = \frac{0,03150}{0,26 \times 0,30} = 0,412 \text{ m} \Rightarrow$$

Adotado $b = 0,62 \text{ m}$ (para taxa de aplicação superficial ser menor que $1000 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$)

- verificação das velocidades:

Verificação das velocidades na caixa de areia				
Vazão (L/s)	H (m)	$H_o = H - Z$ (m)	$A_T = H_o \times b$ (m^2)	$V = Q/A_T$ (m/s)
$Q = 9,13$	0,15	0,07	0,045862	0,20
$Q = 15,26$	0,21	0,132	0,081891	0,19
$Q = 20,25$	0,25	0,17	0,107526	0,20
$Q = 31,50$	0,25	0,17	0,107526	0,20

Obs.: Como $0,20 \leq V \leq 0,40 \text{ m/s}$ (OK)

A vazão no canal de areia, na prática, será a vazão de bombeamento de $31,50 \text{ L/s}$, desta forma será atendido o requisito da velocidade mínima.

- Comprimento útil do canal da caixa de areia:

$L = 22,5 \times H_o = 22,5 \times 0,255 = 5,73 \text{ m} \Rightarrow$ Adotado $L = 4,40 \text{ m}$ para manter a taxa de aplicação superficial abaixo de $1.000 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$

- Área da superfície do canal da caixa de areia:

$$A_s = L \times b = 4,4 \times 0,62 = 2,728 \text{ m}^2$$

- Verificação da taxa de aplicação superficial:

$$\tau_{(9,13 \text{ L/s})} = \frac{0,00913 \times 86.400 \text{ m}^3/\text{d}}{2,728 \text{ m}^2} = 289 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$$

$$\tau_{(15,26 \text{ L/s})} = \frac{0,01526 \times 86.400 \text{ m}^3/\text{d}}{2,728 \text{ m}^2} = 483 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$$

$$\tau_{(20,25 \text{ L/s})} = \frac{0,02025 \times 86.400 \text{ m}^3/\text{d}}{2,728 \text{ m}^2} = 641 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$$

$$\tau_{(20,80 \text{ L/s})} = \frac{0,03150 \times 86.400 \text{ m}^3/\text{d}}{2,728 \text{ m}^2} = 998 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$$

Chernicaró recomenda a taxa de aplicação superficial ser menor que 1.000m³/m².dia para evitar arraste de sólidos inorgânicos para dentro do reator. A NBR 12209 baliza as taxas entre 600 e 1300m³/m².dia

De acordo com a bibliografia (Design of Small Grit Channels, de G.V.R. Marais, 1971), a quantidade de material retido na caixa de areia pode ser calculada da seguinte forma:

$$q = \frac{Q_{\text{méd}} \times 75}{1.000} = \frac{15,26 \times 86,4 \times 75}{1.000} = 98,88 \text{ L/d} = 0,0988 \text{ m}^3/\text{d}$$

Supondo uma limpeza a cada 9 dias, a profundidade útil (mínima) dos depósitos inferiores de cada canal de caixa de areia deve ser:

$$p = \frac{q \times t}{A_s} = \frac{0,0988 \times 9}{2,728} = 0,33 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad \text{Adotado } p = 0,35 \text{ m}$$

6 ALIMENTAÇÃO DO REATOR ANAERÓBIO

O esgoto chegará por bombeamento à estação de tratamento, ocorrendo a descarga no canal da caixa de areia (a montante), solidário e integrado ao reator, a partir do qual (extremidade de jusante) será realizada a alimentação da unidade.

O dimensionamento da tubulação será realizado a partir das equações de Darcy-Weisbach e Colebrook-White, e da adotada para perdas singulares, conforme já referido anteriormente. Assim:

- vazão de bombeamento afluente ao reator:

$$Q = 31,50 \text{ L/s}$$

A tubulação alimentadora será estratificada ao nível do fundo do reator, de forma a se ter a descarga do afluente em 48 pontos distintos.

a) trecho T1(caixa de areia – “T₁” de derivação):

- diâmetro da tubulação:

Adotado DN 200, DI 191 MPVC JEI 1MPa.

Para a tubulação de DI 191,0 adotada, e para a vazão de projeto, obtém-se:

$$Q = 31,50 \text{ L/s} = 0,03150 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$f = 0,01633$$

$$L = 12,7 \text{ m}$$

$$V = 1,10 \text{ m/s}$$

$$\Delta H_L = 0,07 \text{ m}$$

$$\Delta H_S = \frac{\sum k \times V^2}{2g}$$

bocal..... k = 2,75

cotovelo 90° k = 0,90
 “t” saída bilateral k = 1,80
 Total= $\Sigma k = 5,45$

$$\Delta H_S = 0,34 \text{ m}$$

$$\Delta H_T = 0,07 + 0,34 = 0,41 \text{ m}$$

b) trecho T2 (“T₁” de derivação – “T₂” de derivação):

- diâmetro da tubulação:

Adotado DN 200, DI 191,0 MPVC JEI 1MPa.

$$Q = 15,75 \text{ L/s} = 0,01575 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$f = 0,01835$$

$$L = 2,0 \text{ m}$$

$$V = 0,55 \text{ m/s}$$

$$\Delta H_L = 0,003 \text{ m}$$

$$\Delta H_S = \frac{\Sigma k \times V^2}{2g}$$

“t” saída bilateral k = 1,80
 Redução k = 0,15
 Total $\Sigma k = 1,95$

$$\Delta H_S = 0,03 \text{ m}$$

$$\Delta H_T = 0,004 + 0,03 = 0,034 \text{ m}$$

c) trecho T3 (“T₂” de derivação – “T₃” de derivação):

- diâmetro da tubulação:

Adotado DN 100, DI 105mm (PVC CL-15 JEI PBA).

$$Q = 7,88 \text{ L/s} = 0,00788 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$f = 0,01913$$

$$L = 2,74 \text{ m}$$

$$V = 0,91 \text{ m/s}$$

$$\Delta H_L = 0,02 \text{ m}$$

$$\Delta H_S = \frac{\sum k \times V^2}{2g}$$

“t” saída bilateral k=1,80

$$\Delta H_S = 0,08 \text{ m}$$

$$\Delta H_T = 0,02 + 0,08 = 0,10 \text{ m}$$

d) trecho T4 (“T₃” de derivação – “T₄” de derivação):

- diâmetro da tubulação:

Adotado DN 75, DE 85, DI 75,6 (PVC CL-15 JEI PBA).

$$Q = 3,94 \text{ L/s}$$

$$f = 0,02071$$

$$L = 1,00 \text{ m}$$

$$V = 0,89 \text{ m/s}$$

$$\Delta H_L = 0,01 \text{ m}$$

$$\Delta H_S = \frac{\sum k \times V^2}{2g}$$

“t” de saída bilateral k = 1,80

$$\Delta H_S = 0,07 \text{ m}$$

$$\Delta H_T = 0,01 + 0,07 = 0,08 \text{ m}$$

e) trecho T5 (“T4” de derivação – “T5” de derivação):

- diâmetro da tubulação:

Adotado DN 75, DE 85, DI 75,6 (PVC CL-15 JEI PBA).

$$Q = 1,97 \text{ L/s} = 0,00197 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$f = 0,02368$$

$$L = 1,31 \text{ m}$$

$$V = 0,45 \text{ m/s}$$

$$\Delta H_L = 0,004 \text{ m}$$

$$\Delta H_S = \frac{\sum k \times V^2}{2g}$$

“t” saída bilateral k = 1,80

Redução k = 0,15

Total $\Sigma k = 1,95$

$$\Delta H_S = 0,02 \text{ m}$$

$$\Delta H_T = 0,004 + 0,02 = 0,02 \text{ m}$$

f) trecho T6 (“T5” de derivação – saída):

- diâmetro da tubulação:

Adotado DN 50, DE 45, DI 40 (PVC CL-15 JEI PBA).

$$Q = 0,52 \text{ L/s} = 0,00052 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$f = 0,02682$$

$$L = 0,66 \text{ m}$$

$$V = 0,52 \text{ m/s}$$

$$\Delta H_L = 0,006 \text{ m}$$

$$\Delta H_S = \frac{\sum k \times V^2}{2g}$$

saída k = 1,00

$$\Delta H_S = 0,038 \text{ m}$$

$$\Delta H_T = 0,006 + 0,038 = 0,044 \text{ m}$$

A perda de carga total calculada nos trechos T1 + T2 + T3 + T4 + T5 + T6 representa a carga hidráulica necessária para o escoamento do líquido pelas tubulações projetadas desde a caixa de areia até o fundo do reator, operando como condutos forçados por gravidade:

$$\Delta H_{T(T1)} + \Delta H_{T(T2)} + \Delta H_{T(T3)} + \Delta H_{T(T4)} + \Delta H_{T(T5)} + \Delta H_{T(T6)} = 0,41 + 0,034 + 0,10 + 0,08 + 0,02 + 0,044 = 0,69 \text{ m (adotado 0,70m)}$$

- nível do líquido na caixa de areia:

Nível máximo do líquido no reator anaeróbio 38,50 m

Perda de carga total ao longo das tubulações..... 0,70 m

Nível máximo de líquido na caixa de areia 39,20 m

Coincidiu-se, por esta razão, a base do canal de saída da caixa de areia com a cota 39,20 m.

O número de pontos de descargas depende da área do fundo da célula digestora e da área de influência de cada ponto distribuidor. A decisão em torno do número de pontos distribuidores pode ser tomada também em função do tipo de lodo e das cargas orgânicas aplicadas ao sistema. Para o caso de reator tratando esgotos domésticos, normalmente desenvolve-se um lodo do tipo floculento, com características de concentração média a elevada, correspondendo à cargas entre 1,0 e 3,0 Kg.DQO/m³.d, e à área de influência dos pontos distribuidores entre 1,5 a 3,0 m². Adotando-se o valor de 2,5m² de área de influência do distribuidor.

Tendo-se adotado oito pontos distribuidores, resulta a seguinte área de influência por ponto:

$$A_{dec} = 8,0 \text{ m} \times 12,20 \text{ m} = 97,6 \text{ m}^2$$

$N_d = A_{dec} / A_{infl} = 97,6 / 2,5 = 39,04$ distribuidores. Adotados 48 por questões construtivas e simetria.

$$\text{Área de influência corrigida} = 97,6 \text{ m}^2 / 48 = 2,03 \text{ m}^2 \text{ por difusor.}$$

7 REATOR ANAERÓBIO DE FLUXO ASCENDENTE

7.1 Vazão

A vazão utilizada no dimensionamento do reator anaeróbio foi a média afluente, estabelecida conforme já reportado anteriormente. Ao mesmo tempo, mister que se refira que a ETE, com a unidade de tratamento primário de grande volume, com grande tempo hidráulico de retenção, apresenta excepcional possibilidade de acumulação e assim, de

acomodação das oscilações que o hidrograma de esgotos apresenta durante um dia. Tem-se:

$$Q_{\text{REATOR}} = 15,26 \text{ L/s}$$

7.2 Concentração e carga de matéria orgânica

$\text{DBO}_5 = 400 \text{ mg/L}$ (adotada conservadoramente, por levar a um valor superior ao originado do produto população versus concentração “per capita” de matéria orgânica, 54 g/hab.d, que seria de 246 kg. DBO_5 /d, conforme tabela aposta no item 1.2).

$$\text{CODBO}_{\text{REATOR}} = 0,01526 \text{ m}^3/\text{s} \times 86.400 \text{ s/d} \times 0,400 \text{ kgDBO}_5/\text{m}^3 = 527,39 \text{ kg.DBO}_5/\text{d}$$

Adicionalmente, para o dimensionamento hidráulico/biológico do sistema de tratamento, fixou-se a DQO de 800 mg/L, que corresponde a duas vezes a DBO_5 , proporção adotada correntemente quando o dimensionamento é realizado para unidades que tratam esgotos domésticos. Para esta concentração, a carga de DQO é:

$$\text{CODQO}_{\text{REATOR}} = 0,01526 \text{ m}^3/\text{s} \times 86.400 \text{ s/d} \times 0,800 \text{ kgDQO}/\text{m}^3 = 1.054,77 \text{ kg.DQO}/\text{d}$$

7.3 Dimensionamento hidráulico

Tempo de detenção hidráulica (TDH)

Para a condição de temperatura dos meses mais frios verificada no Rio Grande do Sul, julgou-se adequado fixar o tempo de detenção hidráulica em 8 horas. Logo:

$$\text{TDH} = 8 \text{ h}$$

Volume útil de digestão (V_u)

$$V_u = Q_{\text{REATOR}} \times \text{TDH} = 0,01526 \text{ m}^3/\text{s} \times 8 \text{ h} \times 3.600 \text{ s/h} = 439,49 \text{ m}^3$$

Número de digestores (N)

$$N = 1$$

Altura útil do digestor (Hu)

$$Hu = 4,5 \text{ m (fixada)}$$

Área útil do digestor (Au)

$$Au = Vu / Hu = 439,49 \text{ m}^3 / 4,5 \text{ m} = 97,64 \text{ m}^2$$

Dimensionais do digestor

Fixando-se a largura (B) em 8,0 m, tem-se:

$$\text{- comprimento (L)} = Au / B = 97,64 \text{ m}^2 / 8,0 \text{ m} = 12,21 \text{ m Adotado L} = 12,20 \text{ m}$$

Área útil do digestor corrigida (Auc)

$$Au = 8 \text{ m} \times 12,20 \text{ m} = 97,60 \text{ m}^2$$

Volume útil do digestor corrigido (Vuc)

$$Vu = 4,5 \text{ m} \times 97,6 \text{ m}^2 = 439,20 \text{ m}^3$$

TDH corrigido

$$TDH = 439,20 \text{ m}^3 / (0,01526 \text{ m}^3/\text{s} \times 3.600 \text{ s/h}) = 7,99 \text{ h}$$

Cargas aplicadas ao digestor

- carga orgânica volumétrica (em termos de DQO):

$$COV = (O_{MFD} \times So) / Vu$$

$$COV = (0,01526 \text{ m}^3/\text{s} \times 3.600 \text{ s} \times 7,99 \text{ h} \times 0,800 \text{ kg}/\text{m}^3) / (439,2 \text{ m}^3)$$

$$COV = 0,80 \text{ kgDQO}/\text{m}^3 = 2,40 \text{ kg.DQO}/\text{m}^3.\text{dia}$$

- carga hidráulica volumétrica:

$$CHV = Q_{MÉD} / V_u$$

$$CHV = (0,01526 \text{ m}^3/\text{s} \times 86400 \text{ s}) / (439,2 \text{ m}^3) = 3,0 \text{ m}^3/\text{m}^3$$

Velocidade ascensional

- para $Q_{MÉD}$:

$$v = H / TDH = 4,5 \text{ m} / 7,99 \text{ h} = 0,56 \text{ m/h}$$

Estimativa das eficiências nas remoções de DQO e DBO

De acordo com a bibliografia, as eficiências na remoção de carga orgânica por reatores anaeróbios de fluxo ascendente, como é o caso em pauta, podem ser avaliadas pelas expressões:

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

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

onde

E_{DBO} = eficiência dos digestores anaeróbios na remoção de DBO (%);

E_{DQO} = eficiência dos digestores anaeróbios na remoção de DQO (%);

t_{re} = tempo hidráulico de detenção nas câmaras de digestão (h);

0,70 , 0,50 , 0,68 e 0,35 = constantes empíricas.

Obtém-se, assim:

$$E_{DBO} = 100 \times (1 - 0,70 \times TDH^{-0,50}) = 100 \times (1 - 0,70 \times 7,99^{-0,50}) = 75,24 \%$$

$$E_{DQO} = 100 \times (1 - 0,68 \times TDH^{-0,35}) = 100 \times (1 - 0,68 \times 7,99^{-0,35}) = 67,15 \%$$

As eficiências calculadas o foram com base em constantes empíricas, determinadas para temperaturas que oscilavam entre 20 e 25° C. Para a situação do Rio Grande do Sul, onde no inverno, embora por período pequeno de tempo, ocorrem temperaturas inclusive inferiores a 10° C, seria por demais otimista admitir-se eficiências da natureza das calculadas, sem aquecimento artificial dos reatores. Assim, visando o perfeito funcionamento da ETE, e a garantia de padrões de emissão satisfatórios, fixou-se conservadoramente eficiências alguns pontos percentuais inferiores às verificadas para a vazão máxima. Serão elas:

$$E_{DBO} = 65 \%$$

$$E_{DQO} = 55 \%$$

Estimativa das DQO e DBO efluentes do reator

$$S_{DBO} = 400 - (400 \times 0,65) = 140 \text{ mg/L}$$

$$S_{DQO} = 800 - (800 \times 0,55) = 360 \text{ mg/L}$$

Estimativa da concentração de sólidos suspensos efluente do digestor

A concentração de sólidos em suspensão no efluente de digestores anaeróbios de fluxo ascendente depende de vários fatores. Destacam-se, entre eles:

- concentração e características de sedimentabilidade do lodo presente no reator;
- frequência de descarte de lodo e altura do leito de lodo no reator;
- velocidades nas aberturas para o decantador;
- eficiência na separação de gases, sólidos e líquidos;
- taxas de aplicação e tempos de detenção hidráulicos nos compartimentos de digestão e de decantação.

Ao nível do conhecimento atual, tem sido utilizado o seguinte modelo empírico de avaliação da concentração de SS no efluente destas unidades:

$$SS = \frac{250}{TDH} + 10$$

onde

SS = concentração de sólidos suspensos no efluente (mg/L);

TDH = tempo de detenção hidráulica (h), no caso igual a 7,99 h;

250 = constante empírica;

10 = constante empírica.

Para o caso em estudo, obtém-se:

$$SS = \frac{250}{7,99} + 10 = 41,27 \text{ mg/l}$$

A pouca concentração de sólidos em suspensão é a garantia de baixíssimas concentrações de sólidos sedimentáveis afluentes ao filtro.

- avaliação da produção de metano:

A produção teórica de metano em digestores anaeróbios de fluxo ascendente pode ser estimada a partir das equações:

$$DQO_{CH_4} = Q_{REATOR} \times [(S_o - S) - Y_{obs} \times S_o]$$

Nesta equação, S_o e S são as DQOs afluente e efluente do reator anaeróbio.

Assumiu-se 55 % de eficiência para remoção de DQO, conforme cálculos e referência anteriores. Y_{obs} refere-se à produção global de sólidos no sistema, que incorpora tanto a acumulação de sólidos não biodegradáveis no lodo, quanto o crescimento e o decaimento de microrganismos. Este parâmetro, de acordo com a experiência brasileira,

está compreendido entre 0,11 e 0,23 kg.DQOlodo/kg.DQOapl. Adotar-se-á, neste trabalho, $Y_{obs} = 0,18 \text{ kg.DQOlodo/kg.DQOapl.}$

$$DQO_{CH_4} = 0,01526 \text{ m}^3/\text{s} \times 86.400 \text{ s/d} [(0,800 - 0,360) \text{ kg.DQO/m}^3 - 0,18 \text{ kg.DQOlodo/kg.DQOapl} \times 0,800 \text{ kg.DQO/m}^3]$$

$$DQO_{CH_4} = 390 \text{ kg.DQO}$$

A conversão da massa de metano em produção volumétrica pode ser feita através das equações:

$$Q_{CH_4} = \frac{DQO_{CH_4}}{K(t)}$$

onde

Q_{CH_4} = produção volumétrica de metano (m^3/d);

$K(t)$ = fator de correção para a temperatura operacional do digestor (kg.DQO/m^3).

$$K(t) = \frac{P \times K}{R \times (273 + t)}$$

$$R \times (273 + t)$$

onde

P = pressão atmosférica (1 atm);

K = DQO correspondente a um mol de CH_4 (64 g.DQO/mol);

R = constante dos gases (0,08206 atm.L/mol. $^{\circ}\text{K}$);

t = temperatura operacional do digestor (adotada 10° para a condição de inverno).

Para uma temperatura do esgoto no mês mais frio da ordem de 10° C , resulta:

$$K(t) = \frac{(1 \text{ atm} \times 64 \text{ g.DQO/mol})}{0,08206 \text{ atm.L/mol.}^{\circ}\text{K} \times (273 + 10^{\circ} \text{ C})} = 2,76 \text{ kg.DQO/m}^3$$

$$Q_{CH_4} = \frac{390 \text{ kg.DQO}}{2,76 \text{ kg.DQO/m}^3} = 141 \text{ m}^3$$

Tratando-se de esgotos domésticos, como é o caso em estudo, os teores de metano no biogás são geralmente da ordem de 70 a 80 %. Adotando-se 75 %, resultou:

$$Q_{\text{biogás}} = Q_{CH_4} / 0,75 = \frac{141 \text{ m}^3/\text{d}}{0,75} = 189 \text{ m}^3$$

7.4 Tratamento/destino do biogás

O biogás proveniente da degradação do material orgânico será encaminhado para biofiltro de carvão ativado.

Tem-se, assim:

- vazão de gás afluente à unidade de biofiltração:

$$Q_{\text{biogás}} = 189 \text{ m}^3/\text{d} = 7,86 \text{ m}^3/\text{h}$$

- tubulação de encaminhamento do biogás para o biofiltro:

O biogás será encaminhado à unidade filtrante de carvão ativado através de tubulação de DN 50 (PVC CI-15, soldável).

- altura do biofiltro/composição dos leitos de sustentação e filtrante:

O biofiltro terá 2,0 m de altura total, assim distribuídos (sentido ascensional):

- fundo falso de 0,50m;
- laje pré-moldada de concreto com espessura de 10 cm, e um mínimo de 100 furos de 1".

- 55 cm de leito de sustentação, com a seguinte composição:
- 20 cm de cascalho com diâmetro entre 25,4 e 50,8 mm;
- 10 cm de cascalho com diâmetro entre 12,7 e 25,4 mm;
- 8 cm de cascalho com diâmetro entre 6,7 e 12,7 mm;
- 10 cm de areia com diâmetro médio de 7 mm;
- 7 cm de areia com diâmetro médio de 3 mm.
- 55 cm de carvão ativado com diâmetro entre 2,5 e 3,0 mm;
- 30 cm de “free-board” entre a superfície de carvão ativado e a laje cobertura do biofiltro.

Esta camada conectar-se-á com a atmosfera através de tubo condutor de ferro galvanizado com diâmetro de 1”, comprimento aproximado de 1,60 m, na extremidade do qual previu-se um queimador (flare), para o tratamento complementar do biogás.

Como medidas de segurança, a queima de biogás, deverá estar afastada no mínimo 15m do ponto de geração do mesmo. Deverão ser instalados também válvulas corta-chama, medidor de vazão de gás e fecho hídrico.

- área da unidade de biofiltração:

Considerando-se que o filtro terá 1,0 m de diâmetro, a sua área de filtração será de:

$$A_f = \frac{\pi \times (1,0)^2}{4} = 0,79 \text{ m}^2$$

- taxa de aplicação volumétrica:

A vazão de biogás é de 4,3 m³/h. Considerando-se que o horizonte de carvão ativado é de 0,55 m, para uma área de 0,79 m², resulta um volume de filtração de:

$$V_f = 0,55 \times 0,79 = 0,4345 \text{ m}^3$$

Para taxa de aplicação volumétrica resulta, então:

$$\tau_v = \frac{7,86 \text{ m}^3/\text{h}}{0,4345} = 18,08 \text{ m}^3/\text{m}^3 \cdot \text{h}$$

$$0,4345 \text{ m}^3$$

A Taxa de aplicação superficial fica

$$\tau_s = 7,86 \text{ m}^3/\text{h} / 0,79 \text{ m}^2 = 10,00 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{h}$$

Normalmente, unidades desta natureza são dimensionadas para taxas de aplicação entre 20 e 300 $\text{m}^3/\text{m}^2.\text{h}$. É presumível que para as condições estabelecidas neste estudo, de baixa taxa aplicada, obtenha-se excelente desempenho no biofiltro projetado. É importante alertar, no entanto, que deverá ser realizado controle permanente da concentração de metano no âmbito das câmaras acumuladoras, no digestor anaeróbio; isto poderá ser feito mediante o acoplamento de amostrador nas tubulações de saída do gás das câmaras, coleta do gás e seu envio para análise cromatográfica. Resultando concentrações que excedam 20 % do gás em volume, à tubulação que interliga as câmaras ao biofiltro deverá ser acoplada bomba de sucção que facilite a passagem do biogás pela unidade filtrante, vencendo as perdas de carga naturais impostas pelo material constituinte dos leitos suporte/filtrante.

- renovação do material filtrante:

Comprovada a existência de gases malcheirosos como o gás sulfídrico (H_2S), materializar-se-á a necessidade da substituição do leito filtrante, com a retirada do material já sem capacidade adsortiva; em caso contrário, a renovação do leito deverá ser postergada, até que a emissão dos gases manifeste o efeito indesejado referido. Ainda, complementarmente, poderá ser realizada a queima permanente dos gases.

7.5 *Produção diária de lodo biológico*

A estimativa da produção de lodo em reatores anaeróbios de fluxo ascendente com manto de lodo, como o caso em questão, pode ser realizada com a utilização do seguinte modelo:

$$P_{\text{lodo}} = Y \times \text{DQO}_{\text{apl}}$$

onde

P_{lodo} = produção de sólidos no sistema (kg.SST/d);

Y = coeficiente de sólidos no sistema (kg.SST/kg.DQO_{apl});

DQO_{apl} = carga de DQO aplicada no digestor (kg.DQO/d).

Os valores de Y reportados para o tratamento de esgotos domésticos são da ordem de 0,10 a 0,20 kg.SST/Kg.DQO_{apl}. No presente estudo, adotar-se-á $Y = 0,18$ kg.SST/Kg.DQO_{apl}, próximo ao limite superior da faixa sugerida (portanto, conservadoramente). Conforme já definido anteriormente, a carga de DQO média afluyente ao reator é 1.055 kg.DQO/d. Assim, tem-se:

$$P_{\text{lodo}} = 0,18 \text{ kg.SST/Kg.DQO}_{\text{apl}} \times 1.055 \text{ kg.DQO/d} = 189,86 \text{ kg.SST/d}$$

Adicionalmente, deve-se considerar a biomassa de lodo de excesso perdida pelo filtro e retida diariamente no decantador, que é recirculada para o sistema, sendo descarregada no reator anaeróbio. De acordo com os cálculos constantes do item 6.5, tem-se:

$$P_{\text{lodo(filtro)}} = 112,02 \text{ kg.SST/d}$$

$$P_{\text{lodo(filtro)}} = 84,01 \text{ kg.SSV/d}$$

Considerando que 50 % dos sólidos suspensos voláteis recirculados sejam estabilizados no reator anaeróbio, tem-se uma produção total de sólidos de:

$$P_{\text{lodo(reator+filtro)}} = 189,86 \text{ kg/d} + 112,02 \text{ kg/d} - 0,50 \times 84,01 \text{ kg/d} = 259,87 \text{ kg.SST/d}$$

Com o resultado obtido, estimou-se a produção volumétrica de lodo com a utilização da seguinte equação:

$$V_{\text{lodo}} = \frac{P_{\text{lodo}}}{\dots}$$

$$\gamma \times C$$

onde

V_{lodo} = produção volumétrica de lodo (m^3/d);

γ = peso específico do lodo, usualmente entre 1.020 e 1.040 kg/m^3 ;

C = concentração do lodo, usualmente entre 3 e 5 %.

Fixando-se conservadoramente $\gamma = 1.020 \text{ kg}/\text{m}^3$ e $C = 4 \%$, obtém-se:

$$V_{\text{lodo,bio}} = \frac{259,87 \text{ kg.SST/d}}{1.020 \text{ kg}/\text{m}^3 \times 0,04} = 6,36 \text{ m}^3/\text{d}$$

7.6 Produção diária de lodo químico

De acordo com os cálculos constantes do item 7.2, tem-se:

Massa de lodo químico formada = 37,98 kg/d

Para $\gamma = 1.020 \text{ kg}/\text{m}^3$ e $C = 4 \%$, obtém-se:

$$V_{\text{lodo,quím}} = \frac{37,98 \text{ kg/d}}{1.020 \text{ kg}/\text{m}^3 \times 0,04} = 0,93 \text{ m}^3/\text{d}$$

7.7 Produção diária global de lodo

A produção diária global de lodo decorre da integração do lodo químico ao lodo biológico, tendo-se:

$$V_{\text{lodo,total}} = V_{\text{lodo,bio}} + V_{\text{lodo,quím}} = 6,36 \text{ m}^3/\text{d} + 0,93 \text{ m}^3/\text{d} = 7,29 \text{ m}^3/\text{d}$$

7.8 Tubulação de descarga da produção diária global de lodo e remoção de espuma

A descarga dos lodos do reator anaeróbio, para encaminhamento aos leitos de secagem (solução adotada para desidratação do lodo), será realizada através de tubulações de DN 100, DE 110, DI 97,8 (PVC CL-15 JEI PBA). Essas retiradas de lodo serão controladas por dois registros, conforme detalhes de projeto; reunidas as descargas em uma única tubulação de igual diâmetro aos referidos anteriormente, o lodo descartado será encaminhado aos leitos de secagem. As descargas foram previstas em dois níveis diferentes, objetivando-se por ocasião das descargas sistematizadas, não perder o lodo de fundo, mais reativo. Constatada a perda da reatividade, pela perda da eficiência da unidade, a descarga poderá ser realizada pela tubulação mais baixa. A espuma será removida pelas calhas (duas) projetadas internamente ao reator, e cuja tubulação (de mesmo diâmetro que a de descarga de lodo) de coleta interna conectar-se externamente à tubulação de encaminhamento de lodo aos leitos de secagem.

Considerando uma lâmina média de 1,45 m entre o ponto de descarga de lodo mais alta e o nível máximo de líquido no reator, pela metodologia de cálculo de vazão em tubos curtos adotada resultará uma vazão de:

$$Q = C_d \times S \sqrt{2gH}$$

onde

Q = é a vazão de lodo (a 4 %, praticamente líquido);

C_d = coeficiente de descarga, adimensional, adotado igual a 0,61;

S = área da tubulação de DI 97,8, em m²;

H = altura de água disponível para a descarga, em m.

Logo:

$$Q = 0,61 \times 0,007512 \times (2 \times 9,81 \times 1,45)^{1/2} = 0,02442 \text{ m}^3/\text{s} = 24,42 \text{ L/s}$$

O resultado obtido mostra que é possível retirar quantidades significativas de lodo em poucos minutos, com descargas rápidas, o que exigirá inclusive maestria do operador com vistas a não retirar líquido em excesso e determinar o praticamente esvaziamento das unidades.

7.9 Leitos de secagem

Área de leitos de secagem necessária

$$V_{\text{lodo, total}} = V_{\text{lodo, bio}} + V_{\text{lodo, quím}} = 7,29 \text{ m}^3/\text{d}$$

Assumindo-se um tempo de secagem de lodo de 15 dias, e uma altura útil máxima nos leitos no momento da descarga de 0,30 m, a área total de leitos será:

$$A_t = \frac{V_{\text{lodo}} \times t}{H} = \frac{7,29 \text{ m}^3/\text{d} \times 30 \text{ d}}{0,30 \text{ m}} = 729 \text{ m}^2$$

Número de leitos de secagem adotado

Foram adotados quatro leitos de secagem. A área de cada leito de secagem resultou, então:

$$A_{\text{ls}} = \frac{729 \text{ m}^2}{4 \text{ leitos}} = 183 \text{ m}^2$$

Dimensionais dos leitos

Adotou-se as dimensões de 8,0 m x 22,89 m para cada leito de secagem, resultando áreas corrigidas de 183,12 m² por leito e 732,48 m² como área total de leitos de secagem.

Canal de alimentação dos leitos de secagem/"stop-logs"/anteparos

Os quatro leitos de secagem estarão dispostos paralelamente. O conjunto de quatro leitos será alimentado por um canal de 0,40 m de largura, com altura variável, em função do enchimento de fundo que visou proporcionar uma declividade de 0,5 % para o escoamento do lodo semi-fluído (4% de sólidos), de montante para jusante, conforme orientação constante nos desenhos do projeto. Ao longo do canal, visando proporcionar a entrada do lodo nos leitos, para cada unidade previu-se "stop-logs", com 0,40 m de largura e altura variável, os quais serão operados manualmente. A descarga do lodo em cada leito será efetuada sobre laje de concreto (anteparo) de 0,80 x 1,00 m, evitando-se assim o revolvimento das camadas filtrante/drenante.

Camadas filtrante/drenante

As camadas filtrante/drenantes serão constituídas por brita e areia média, sobre as quais serão colocados tijolos maciços com juntas de areia de 5 cm, de acordo com as indicações do projeto.

Dreno central de fundo

Os leitos de secagem serão construídos com declividades de fundo de 2 %, no sentido do dreno longitudinal central de fundo, onde serão apostas as camadas filtrante/drenante. A camada drenante envolverá tubulação de PVC DN 150 perfurada, que será a responsável pela retirada do líquido a drenar dos leitos; esta tubulação foi projetada com declividade de 1 %, no sentido longitudinal de cada leito de secagem.

Coleta do líquido drenado

Externamente aos leitos de secagem, e para cada uma das unidades previstas, foi projetada uma caixa externa de coleta do líquido drenado, com dimensionais de 0,50 x 0,50

m, nas alturas definidas no projeto; estas caixas estarão conectadas entre si por tubulação de PVC CL-8 DN 150.

Destino do líquido drenado

A vazão dos líquidos coletados nos leitos de secagem foi calculada para a situação mais desfavorável, ou seja, por ocasião de eventos chuvosos. Neste caso, o líquido proveniente da desidratação mais o proveniente da chuva sobre os leitos, serão encaminhados para o PV de chegada junto ao poço de bombas submersíveis destinadas ao recalque do esgoto bruto, e direcionados via recalque para o reator anaeróbio. A vazão máxima contribuinte estimada pelo Método Racional será:

$$Q_{\max} = 2,78.C.I.A$$

onde

$$C = 0,4$$

$$I = 106,26 \text{ mm/h}, t_d = 10 \text{ min e } T_R = 5 \text{ anos}$$

$$A = 729 \text{ m}^2 = 0,073 \text{ ha}$$

$$Q = 8,61 \text{ L/s}$$

A tubulação de recalque é a mesma estabelecida para o recalque do esgoto bruto, tendo-se em vista que por ocasião de chuvas intensas, coincidindo estas com o período de vazão máxima (20,25 L/s), haverá um incremento de vazão pouco superior a 42 %. Desta forma, optou-se por instalar uma cobertura para os leitos de secagem.

7.10 Canal de coleta do efluente tratado no reator anaeróbio

O líquido tratado em nível primário é retirado do reator por canal central, com 8,0 m de comprimento, 0,4 m de largura e 0,4m de altura, que terá vertedores triangulares de fibra de vidro afixados na parte superior das paredes laterais.

Estabelecendo-se sete vertedores triangulares para cada 1,0 m linear de canal, tendo o canal duas paredes laterais de 12,20 m, conforme detalhes do projeto, resultam 170 pequenos vertedores ao longo do canal. Logo:

$$Q_{\text{vert}} = \frac{15,26 \text{ L/s}}{170} = 0,09 \text{ L/s}$$

- lâmina em cada vertedor:

Utilizando-se a equação de Thomson para a verificação da lâmina em cada vertedor, tem-se:

$$Q = 1,4 \times H^{5/2} \quad \text{ou} \quad H = (Q / 1,4)^{2/5}$$

$$H = (0,00009 \text{ m}^3/\text{s} / 1,4)^{2/5} = 0,0210 \text{ m}$$

Já, o dimensionamento hidráulico do canal resulta complexo, na medida em que o líquido é coletado lateralmente ao longo de todo o comprimento do mesmo. No entanto, considerando-se o escoamento uniforme e a vazão a total coletada pelos vertedores laterais do canal, pode-se estimar com relativa confiança a lâmina que ocorre na seção mais de montante do mesmo. A verificação hidráulica do canal foi realizada com a utilização das equações da Continuidade e de Manning:

$$Q = A \times V \quad \text{e} \quad V = \frac{R_H^{2/3} \times I^{1/2}}{n}$$

onde

A = área molhada, em m²;

V = velocidade de escoamento do líquido, em m/s;

R_H = raio hidráulico, em m;

I = declividade de fundo do canal, em m/m (1 % ou 0,01 m/m);

n = coeficiente de Manning, adimensional, igual a 0,013 para canais de concreto.

- largura de cada canal:

$$B_{\text{canal}} = 0,40 \text{ m (adotada)}$$

- verificação hidráulica:

Considerando-se que a vazão coletada é de 15,26 L/s, tem-se:

$$Q_{\text{canal}} = 15,26 \text{ L/s} = 0,01526 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$H_{\text{canal}} = 0,4 \text{ m}$$

$$H_{\text{lâmina}} = 0,426 \text{ m}$$

$$\text{Área molhada (A)} = 0,016 \text{ m}^2$$

$$\text{Perímetro molhado (P)} = 0,48 \text{ m}$$

$$\text{Raio hidráulico (R}_H\text{)} = 0,033 \text{ m}$$

$$\text{Velocidade (V)} = 0,89 \text{ m/s}$$

Considerando-se que a soleira dos vertedores laterais assenta-se na cota 38,50 m, e que a lâmina de líquido ao final do canal em condições de escoamento normal é 38,14 m (38,10 m + 0,0426 m), tem-se a garantia da descarga livre no canal, não havendo a possibilidade de afogamento destes vertedores.

7.11 Tubulação de alimentação dos filtros biológicos aerados submersos e bypass para misturador

Na extremidade de jusante do canal de coleta de líquido tratado em nível primário no reator anaeróbio, previu-se tubulação PVC, a qual destina-se ao encaminhamento do efluente para tratamento secundário no filtro biológico aerado submerso, ou, através de válvulas, quando da necessidade de operações de limpeza do FBAS, para a câmara de mistura

Os cálculos foram desenvolvidos a partir das equações já anteriormente referidas de Darcy-Weisbach e Colebrook-White (com rugosidade 0,002 para PVC), e do tipo de singularidade existente ao longo da tubulação para o cômputo das perdas localizadas.

- diâmetro da tubulação:

Adotado DN 150, DE 170, DI 156,4 MPVC JEI 1MPa.

Para a tubulação de DI 156,4 adotada, e para a vazão de projeto, obtém-se:

$$Q = 15,26 \text{ L/s} = 0,01526 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$f = 0,01789$$

$$L = 4,5 \text{ m}$$

$$V = 0,83 \text{ m/s}$$

$$\Delta H_L = 0,02 \text{ m}$$

$$\Delta H_S = \frac{\sum k \times V^2}{2g}$$

entrada normal	$k = 0,50$
cotovelo 90°	$k = 0,90$
2 tês de passagem direta.....	<u>$k = 1,20$</u>
Registro de gaveta aberto.....	<u>$k = 0,20$</u>
saída de tubulação.....	<u>$k = 0,90$</u>
Total	$\sum k = 3,70$

$$\Delta H_S = 0,13 \text{ m}$$

$$\Delta H_T = 0,02 + 0,13 = 0,15 \text{ m}$$

Como a altura do canal de coleta de líquido tratado em nível primário no reator anaeróbio é de 0,40 m, não haverá prejuízo do escoamento no mesmo.

8 FILTRO BIOLÓGICO AERADO SUBMERSO

8.1 Vazão

O tratamento secundário será realizado com a utilização de filtro biológico aerado submerso (FBAS). A vazão de cálculo é a já definida:

$$Q_{\text{FILTRO}} = 15,26 \text{ L/s}$$

8.2 Concentração de matéria orgânica e sólidos afluentes ao filtro biológico

A concentração de matéria orgânica afluente ao FBAS é dependente da eficiência estabelecida para o reator anaeróbio. Assim, as DBO₅ e DQO brutas afluentes seriam:

$$\text{DBO}_5 = 400 \text{ mg/L}$$

$$\text{DQO} = 800 \text{ mg/L}$$

De acordo com os cálculos desenvolvidos, à luz das recomendações bibliográficas, as eficiências na remoção de carga orgânica no reator anaeróbio, como é o caso em pauta, foram fixadas em:

$$E_{\text{DBO}} = 65 \%$$

$$E_{\text{DQO}} = 55 \%$$

Resultaram, assim, as seguintes concentrações de matéria orgânica efluentes do reator anaeróbio e afluentes ao filtro biológico:

$$S_{\text{DBO}} = 400 \text{ mg/L} - (400 \text{ mg/L} \times 0,65) = 140 \text{ mg/L}$$

$$S_{\text{DQO}} = 800 \text{ mg/L} - (800 \text{ mg/L} \times 0,55) = 360 \text{ mg/L}$$

A concentração de sólidos em suspensão no efluente de reatores anaeróbios de fluxo ascendente depende de vários fatores. Destacam-se, entre eles:

- concentração e características de sedimentabilidade do lodo presente no reator;

- frequência de descarte de lodo e altura do leito de lodo no reator;
- velocidades nas aberturas para o decantador;
- eficiência na separação de gases, sólidos e líquidos;
- taxas de aplicação e tempos de detenção hidráulicos nos compartimentos de digestão e de decantação.

Para o caso em estudo, obteve-se, conforme cálculos desenvolvidos anteriormente:

$$SS = 41,27 \text{ mg/l}$$

8.3 Cargas orgânicas superficial e volumétrica

Será utilizado FBAS com enchimento de anéis tipo Pall Ring 2" com área superficial específica de $98 \text{ m}^2/\text{m}^3$ e 95 % de vazios.

Para que se obtenha um efluente com DBO menor que 70 mg/L , será adotada a carga orgânica superficial de $18 \text{ g.DBO}/\text{m}^2.\text{d}$. Logo:

$$Cs = 0,018 \text{ kgDBO}/\text{m}^2.\text{d}$$

A carga orgânica volumétrica é calculada a partir da área superficial específica do meio de enchimento e da carga orgânica superficial:

$$Cv = 98 \text{ m}^2/\text{m}^3 \times Cs = 98 \text{ m}^2/\text{m}^3 \times 0,018 \text{ kg.DBO}/\text{m}^2.\text{d} = 1,764 \text{ kg.DBO}/\text{m}^3.\text{d}$$

8.4 Dimensionamento hidráulico

Carga orgânica afluenta a cada filtro (DBO_5)

$$CO = S_o \times Q_{\text{méd}} = 0,140 \text{ kg.DBO}_5/\text{m}^3 \times 0,01526 \text{ m}^3/\text{s} \times 86.400 \text{ s} = 185 \text{ kg.DBO}_5/\text{d}$$

Volume necessário de leito para filtração

$$V_{\text{fbas}} = \frac{CO}{Cv}$$

$$V_{fbas} = \frac{185 \text{ kg.DBO}_5/\text{d}}{1,764 \text{ kg.DBO}_5/\text{m}^3} = 104,88 \text{ m}^3$$

Área superficial do FBAS

Adotando-se uma altura útil de leito filtrante de 3,0 m, resulta:

$$A_{fbas} = \frac{V_f}{H} = \frac{104,88}{3,0} = 34,96 \text{ m}^2$$

Dimensionais do FBAS em planta

Adotou-se o formato retangular em planta, com dimensionais de 4,75 x 8 m. Para estes dimensionais, resultam os seguintes área e volume corrigidos para o FBAS:

$$A_{fbas} = 4,75 \text{ m} \times 8 \text{ m} = 38 \text{ m}^2$$

$$V_{fbas} = 38 \text{ m}^2 \times 3,0 \text{ m} = 114 \text{ m}^3$$

Cálculo da demanda de ar

Para atendimento da demanda apenas carbonácea, a taxa de aeração recomendada é de 40 Nm³ar/kg.DBOaplicada. Nas condições do presente projeto, quando se pretende a obtenção de uma concentração de nitrogênio amoniacal menor que 20 mg/L (Resolução CONSEMA n°. 128), adotou-se uma taxa de aeração de 80 Nm³ar/kg.DBOaplicada (elevada, pois com vistas a obtenção de nitrificação, inda que parcial). Tem-se, assim:

$$Q_{ar} = 80 \text{ Nm}^3\text{ar/kg.DBOaplicada} \times 185 \text{ kg.DBO}_5/\text{d} = 14.747 \text{ Nm}^3\text{ar/d} = 615 \text{ Nm}^3\text{ar/h}$$

Número de difusores de ar

Adotando-se 36 difusores tubulares de bolha grossa, a vazão unitária média de cada difusor será:

$$Q_{unitário}/\text{difusor} = \frac{615 \text{ m}^3\text{ar/h}}{36} = 17,09 \text{ m}^3\text{ar/h} = 0,28 \text{ m}^3\text{ar/min}$$

Área atendida por difusor

$$A = \frac{38 \text{ m}^2}{36 \text{ difusores}} = 1,06 \text{ m}^2/\text{difusor}$$

Descritivo técnico sucinto do sistema de aeração

O sistema de aeração por ar difuso proposto para o FBAS é composto por um ramal de distribuição, onde estarão instalados os difusores de bolha grossa (tipo D-24 ¾ NPT, aço inoxidável). As tubulações a utilizar serão (aço ANSI 304):

- a) tubulação de descarga dos sopradores DN 3”;
- b) barrilete de descarga DN 3”;
- c) tubulações secundárias (sistema de difusão) DN 2”.

Número de sopradores e potência instalada

Para a estimativa da potência dos sopradores, serão assumidos:

Profundidade do filtro = 3,0 m (sendo 2,8 com anéis tipo Pall Ring para fixação de biomassa)

Perda de carga na tubulação = 0,84 m = 1,2 psi (dado prático)

Temperatura do líquido = 14° C = 58° F = 518° R

Eficiência do soprador (M) = 75 %

Vazão de ar por soprador = 615 Nm³ar/h = 10,25 Nm³ar/min

Considerando-se que os difusores estarão colocados a 0,22 m do fundo do filtro, tem-se uma pressão hidrostática sobre os mesmos de:

Pressão hidrostática = 3,0 m – 0,22 m = 2,78 m

A perda de carga total é o somatório da pressão hidrostática mais as perdas arbitradas para as tubulações:

$$\text{Perda de carga total} = 2,78 \text{ m} + 0,84 \text{ m} = 3,62 \text{ m} = 3,95 \text{ psi}$$

A potência de cada soprador resulta da aplicação do seguinte modelo:

$$P_w = (w \cdot R \cdot T_1 / 29,7 \cdot n \cdot e) [(p_2/p_1)^{0,283} - 1]$$

De onde:

Pw. Potência do soprador em Kw

W: Vazão mássica de ar = 10,25 m³/minuto x 1,2/60 = 0,21 Kg/s.

T1: Temperatura absoluta do ar na entrada (25+273) °K (adotado 25 °C, sendo esta a temperatura mais desfavorável)

P1: Pressão absoluta na entrada, 1 atm.

P2: Pressão Absoluta na saída, 0,6 atm.

n : (k-1) / k = 0,283 para o ar

k : 1,395 para o ar.

e : eficiência do soprador 0,7

R : constante universal dos gases 8,314 J/mol °K

$$P_w = (0,21 \text{ kg/s} \cdot 8,314 \text{ J/mol} \cdot \text{K} \cdot (25^\circ\text{C} + 273) / 29,7 \cdot 0,283 \cdot 70\%) [(3,95 + 10,33)/10,33]^{0,283} - 1 = 8,28 \text{ kW} = 11,11 \text{ HP} = 11,0 \text{ CV}$$

Serão adotados dois sopradores de 15 CV, um operativo e um reserva. Com a adoção da demanda de ar para nitrificação 2 vezes a demanda carbonácea , garantimos as condições necessárias para a ocorrência da nitrificação e há folga para eventuais operações de limpeza do filtro.

Concentrações efluentes dos filtros

Para as condições adotadas no projeto, espera-se as seguintes concentrações efluentes:

DQO < 150 mg/L;

DBO < 50 mg/L;

SST < 20 mg/L;

$\text{NH}_4^+ < 20 \text{ mg/L}$.

8.5 Canal de recepção do líquido filtrado

O líquido tratado em nível secundário no FBAS será coletado por canal em uma das extremidades da unidade, identificado como canal de descarga, que encaminhará o líquido tratado para o ponto onde se efetuará a descarga no decantador.

O canal será executado em concreto e terá o comprimento aproximado de 4,75 m até o ponto de descarga para o decantador, largura de 0,30 m e altura de 0,45 m, variável, em função de sua declividade de fundo, fixada em 0,5 %, sempre no sentido da largura do filtro, orientando o líquido para o ponto de saída deste. O canal será solidário à parede do filtro (internamente a este), e será dotado em seu lado externo, de vertedores triangulares de placa dentada, adequados para a coleta equânime do líquido filtrado, afixados conforme detalhes de projeto.

A verificação hidráulica do canal foi realizada com a utilização das equações da Continuidade e de Manning, com “n” de Manning igual a 0,013 para concreto:

$$Q = A \times V \quad \text{e} \quad V = \frac{R_H^{2/3} \times I^{1/2}}{n}$$

- largura do canal:

B= 0,30 m (adotada)

- verificação hidráulica:

A vazão efluente do FBAS (e por decorrência, a vazão do canal) é a vazão média regularizada já referida. Tem-se, assim:

$$Q = 15,26 \text{ L/s}$$

Resultam como características hidráulicas do canal:

$$H_{\text{canal}} = 0,067 \text{ m (seção típica)}$$

$$\text{Velocidade (V)} = 0,76 \text{ m/s}$$

Considerando-se que a declividade do canal é de 0,5 % em 4,75 m, o enchimento de fundo destes com argamassa de concreto ocupará uma altura máxima de 0,024 m ($4,75 \text{ m} \times 0,005 = 0,024 \text{ m}$). Admitindo-se que sejam necessários mais 0,05 m de enchimento, com vistas à perfeita execução deste e seu acabamento no ponto de descarga para o decantador, serão ocupados por argamassa, no ponto mais de montante de cada canal, apenas 0,074 m.

- lâmina nos vertedores de placa dentada:

A retirada do líquido filtrado do FBAS dar-se-á por vertedores triangulares com 90° (configurando uma placa dentada), em número de 7 (sete) para cada metro linear de placa.

O comprimento aproximado de placa dentada no canal é de 4,75 m, resultando assim 33 entalhes em valores redondos. Para a vazão média efluente de 15,26 L/s do filtro, tem-se:

$$Q_{\text{vert}} = \frac{15,26 \text{ L/s}}{33 \text{ vertedores}} = 0,46 \text{ L/s}$$

- lâmina em cada vertedor:

Utilizando-se a equação de Thomson para a verificação da lâmina em cada vertedor, tem-se:

$$Q = 1,4 \times H^{5/2} \quad \text{ou} \quad H = (Q / 1,4)^{2/5}$$

Assim:

$$H = (0,00046 \text{ m}^3/\text{s} / 1,4)^{2/5} = 0,041 \text{ m}$$

8.6 Tubulação de alimentação do decantador

Será em DN 150, PVC CL-15, DI 156,4.

8.7 Produção de lodo no FBAS

A estimativa da produção de lodo no FBAS pode ser feita aplicando-se a equação:

$$P_{\text{lodo}} = Y_{\text{obs}} \times \text{DQO}_{\text{removida}}$$

onde

P_{lodo} = é a produção de sólidos no sistema (kgSST/d);

Y_{obs} = é o coeficiente de produção de sólidos no sistema (kgSST/kgDQO_{removida});

$\text{DQO}_{\text{removida}}$ = é a carga de DQO removida pelo sistema (KgDQO/d).

Considerando-se $Y_{\text{obs}} = 0,4 \text{ kgSST/d}$ e a $\text{DQO}_{\text{removida}} = 280,04 \text{ kgDQO/d}$ $[(0,360 - 0,147,6)\text{kg/m}^3 \times 0,01526 \text{ m}^3/\text{s} \times 86.400 \text{ s} = 280,04 \text{ kgDDO/d}]$, tem-se:

$$P_{\text{lodo}} = 0,4\text{kgSST/d} \times 280,04 \text{ kgDQO/d} = 112,02 \text{ kgSST/d}$$

Considerando-se que 75 % dos sólidos totais são voláteis (biodegradáveis), tem-se, para sólidos biodegradáveis:

$$P_{\text{lodo}} = 0,75 \times 112,02 \text{ kgSST/d} = 84,01 \text{ kgSSV/d}$$

A avaliação da produção volumétrica de lodo pode ser feita a partir da equação:

$$V_{\text{lodo}} = \frac{P_{\text{lodo}}}{\gamma \times C}$$

onde

V_{lodo} = produção volumétrica de lodo (m^3/d);

γ = peso específico do lodo, adotado 1.020 kg/m^3 ;

C = concentração do lodo, adotada 2 % (lodo de descarte do decantador).

$$V_{\text{lodo}} = \frac{84,01 \text{ kg.SST/d}}{1.020 \text{ kg/m}^3 \times 0,02} = 5,49 \text{ m}^3/\text{d}$$

9 REMOÇÃO FÍSICO-QUÍMICO DE FÓSFORO

O sistema será composto por unidade de mistura rápida de eixo vertical e floculador hidráulicos tipo Alabama, seguido de decantador retangular. Como agente coagulante, será utilizado o produto químico $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, conhecido comercialmente como cloreto férrico.

9.1 Consumo de cloreto férrico

A concentração de fósforo disponível para reação química é de 4 mg/L (considerando-se $P = 7 \text{ mg/L}$ no afluente bruto e igual ou menor que 3 mg/L no efluente final), resultando para a vazão média regularizada de $15,26 \text{ L/s}$, $5,27 \text{ kg/d}$.

Utilizando-se uma dosagem de 3 kg de metal trivalente por kg de fósforo a ser removido quimicamente, obtendo-se:

- Necessidade de $\text{Fe}_3^+ = 3,0 \times 5,27 \text{ kg/d} = 15,8 \text{ kg/d} = 12,00 \text{ mg/L}$ de esgoto.

Para atender a $12,00 \text{ mg Fe}_3^+/\text{L}$, a dosagem de cloreto férrico comercial ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ com 90 % de pureza) adotada preliminarmente será de 65 mg/L .

O consumo médio de coagulante resulta:

Consumo de cloreto férrico = $0,065 \text{ kg/m}^3 \times 0,01526 \text{ m}^3/\text{s} \times 86.400 \text{ s} = 85,70 \text{ kg/d}$, ou 3,57 kg/h.

- Equipamento de preparo e dosagem do cloreto férrico:

- Sistema de abastecimento e dosagem de cloreto férrico em solução

O sistema abastecimento e dosagem de cloreto férrico em solução será composto de: um tanque principal de cloreto férrico com medição de nível baixo para alarme; um tanque pulmão fixo; bombas de aplicação de solução de cloreto férrico; indicador/controlador de dosagem; e quadro elétrico de comando dedicado.

- Tanque principal de armazenamento de cloreto férrico em solução

O tanque principal para armazenamento de cloreto férrico deverá possuir as seguintes características:

Volume Útil Mínimo: 10.000 litros.

Forma: Cilíndrico Vertical.

Fundo: Plano.

Dimensões (mínimas): Dn 2.200 x 3.370 mm A.

Tampa: Elíptica.

Material: PRFV com inibidor UV.

Pressão de Operação: Atmosférica.

Densidade (resistência): igual ou maior que 1,5.

Concentração de trabalho: 35% a 38% (m/m).

Flange de Entrada: 4".

Flange de Saída: 4".

Flange de Dreno: 4".

Respiro: 4".

Boca de Inspeção: 20".

Outros Acessórios Inclusos:

Duas alças de içamento;

Escala volumétrica no costado;

Um anel de ancoramento.

- Bacia de contenção para tanque principal de armazenamento de cloreto férrico em solução

Uma bacia de contenção deverá ser construída ao redor do tanque principal de armazenamento de cloreto férrico com capacidade para conter todo o volume útil do tanque principal de armazenamento de cloreto férrico em solução, mais capacidade de conter um volume adicional de 50% em relação ao volume útil do tanque. A bacia de contenção deverá ter revestimento em fibra de vidro.

Volume da Bacia de Contenção = Volume Útil do Tanque x 1,5 .

- Tanque pulmão de armazenamento de cloreto férrico em solução

Um tanque pulmão deverá receber, do tanque principal, a solução de cloreto férrico por gravidade. Este tanque pulmão deverá apresentar as seguintes características:

Volume Útil Mínimo: 1.000 litros.

Forma: Retangular.

Dimensões: 1.200 mm (C) x 1.000 mm (L) x 1.040 mm (A).

Tampa: Rosqueada de 6".

Respiro: Saída para atmosfera.

Material: PRFV, PVDF ou PEAD.

Pressão de Operação: Atmosférica.

Densidade (resistência): igual ou maior que 1,5.

Concentração de trabalho: 35% a 38% (m/m).

Conexão: de fundo com válvula de esfera.

Outros Acessórios Inclusos:

Estrutura em aço com pintura em eletrostática epóxi;

Bóia de nível constata com alarme de nível baixo no Quadro Elétrico de Comando.

- Sistema de dosagem de cloreto férrico

Um sistema de dosagem de cloreto férrico montado em skid será instalado na casa de química, com a função de dosar cloreto férrico conforme determinação de operação. O sistema compreende um skid em aço inoxidável, onde os componentes serão montados; um Quadro Elétrico de Comando; um calibrador para as bombas dosadoras; duas bombas dosadoras (uma redundante); e um indicador/controlador de dosagem das bombas.

- Calibrador

Um calibrador para calibração das bombas dosadoras deverá ser fornecido, conforme segue:

Tipo: calibração/aferição da vazão das bombas dosadoras, com balão pulmão superior para evitar transbordamento.

Construção: vidro borosilicato com tampa.

Marcação: 0 -1000 ml (inversa).

Instalação: manifold das tubulações no skid.

- Bombas dosadoras para aplicação de cloreto férrico em solução

Duas bombas dosadoras de cloreto férrico em solução, na concentração de aplicação entre 35 – 38% (m/m) serão instaladas no “skid”, uma bomba redundante no modo espera:

Fluido: Cloreto Férrico em solução (35% - 38% m/m).

Tipo da Bomba: diafragma, atuada mecanicamente.

Vazão Máxima: 80 l/h na contra-pressão de 1 bar.

Cabeçote: simplex em PP.

Conexões ao Processo: 1/2" NPT.

Material do Diafragma: PTFE.

Acionamento: motor elétrico de uso geral, 3600 RPM, trifásico, 60 Hz, IP-55.

Ajuste de Dosagem: automático através de sinal de 4-20mA via indicador/controlador.

- Indicador/Controlador de Dosagem

Um indicador/controlador estará montado no QEC do "skid". O indicador tem a função de comandar a dosagem da(s) bomba(s) através da simples alteração do valor de dosagem em mg/l ou kg/h diretamente no indicador. Deste modo facilita-se o trabalho de ajuste de dosagens do sistema, simplesmente, configurando-se a dosagem de cloreto férrico a 35-38% (m/m) diretamente no indicador/controlador de dosagens. O indicador possui as seguintes especificações.

Display: Cristal Líquido alfa-numérico colorido com caracteres grandes de fácil leitura.

Programação: através de quatro botões frontais de ajuste.

Ajuste de dosagem: pode ser realizada diretamente no indicador através da entrada de dosagem em mg/L ou Kg/h. Após ajuste de dosagem as bombas automaticamente ajustam seus cursos de dosagem para adequar-se a configuração de dosagem especificada no indicador/controlador.

- Quadro Elétrico de Comando (QEC)

Um QEC será montado no "skid" de aço inoxidável com a função de visualização rápida das condições operacionais do sistema, bem como, do modo de funcionamento (Man/0/Aut). Os seguintes componentes/especificações fazem parte do escopo do QEC:

Sinaleiras indicativas de funcionamento das bombas dosadoras, falta de fase, sobre carga, nível baixo no tanque principal de armazenamento de cloreto férrico;

Ativação de alarme auditivo e visual de nível baixo no tanque principal de armazenamento de cloreto férrico;

Botão seletor para os modos Man/0 (desligado)/Aut;

Botão silencia alarme auditivo;

Botão de teste de lâmpadas.

9.2 Lodo químico formado

Para o cálculo do volume de lodo químico, considerou-se a concentração de fósforo total afluente ao reator anaeróbio, 7 mg/L, como sendo a concentração do elemento direcionada para o tratamento químico. O coagulante $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (270,5 g/Mol) reagirá com o fósforo, formando FePO_4 (151 g/Mol), deixando um residual de no máximo 3 mg/L de fósforo solúvel, reagindo, portanto, preferencialmente com 4 mg P/L. O excesso de coagulante reagirá formando $\text{Fe}(\text{OH})_3$ (107 g/Mol). Tem-se, como resultado dos cálculos estequiométricos:

- 19,5 mg SS/L, relativos ao FePO_4 formado;

- 9,31 mg SS/L, relativos ao $\text{Fe}(\text{OH})_3$ formado;

- total de lodo químico formado = 19,5 mg SS/L + 9,31 mg SS/L = 28,81 mg/L

- massa de lodo químico formada = $0,02881 \text{ kg/m}^3 \times 0,01526 \text{ m}^3/\text{s} \times 86.400 \text{ s} = 37,98 \text{ kg/d}$

Para $\gamma = 1.020 \text{ kg/m}^3$ e $C = 4 \%$, obtém-se:

$$V_{\text{lod,quím}} = \frac{37,98 \text{ kg/d}}{1.020 \text{ kg/m}^3 \times 0,04} = 0,93 \text{ m}^3/\text{d}$$

9.3 Misturador rápido de eixo vertical

Para a vazão média regularizada de 15,26 L/s efluente do filtro biológico aerado submerso, fixando-se um tempo de detenção hidráulica de 10 s, o volume necessário para mistura rápida será:

$$V_{mr} = 0,01526 \text{ m}^3/\text{s} \times 10 \text{ s} = 0,15 \text{ m}^3$$

Para uma altura máxima de eixo de 1,0 m, resultam em planta os dimensionais de 1,20 x 1,0 m, com um 1,5 m de altura. Como paradigma de projeto, serão adotados misturadores rápidos de eixo vertical, com 0,75 HP de potência e 1.750 rpm.

9.4 Floculador hidráulico tipo Alabama

É um floculador hidráulico que se presta à pequenas vazões. Os critérios de dimensionamento se assemelham aos demais floculadores hidráulicos e é comum a sua adoção até diâmetros de curvas intercomunicadoras de células da ordem de DN 500.

Para a vazão já referida de 15,26 L/s, fixando-se um tempo de detenção hidráulica de 15 min, o volume necessário de floculação será:

$$V_f = 0,01526 \text{ m}^3/\text{s} \times 15 \text{ min} \times 60 \text{ s} = 13,73 \text{ m}^3$$

Adotou-se um floculador com três câmaras em série, cada uma com um volume 4,58 m³, e dimensionais em planta de 1,5 x 1,0 m. Resulta, assim, a seguinte altura útil para as células:

$$H_u = \frac{4,58 \text{ m}^3}{1,0 \text{ m} \times 1,5 \text{ m}} = 3,05 \text{ m} \quad \text{Adotado } H = 3,0 \text{ m}$$

- velocidade em cada curva:

Fixada em 0,30 m/s.

- diâmetro de cada curva:

$$Q = A \cdot V \therefore D^2 = \frac{4 \times 0,01526 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \times 0,30 \text{ m/s}} \therefore D = 0,2545 \text{ m} \quad \text{Adotado DN 250.}$$

A velocidade corrigida para DN 250, DI 252 (PVC), resulta:

$$V = \frac{4 \times 0,01526 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \times (0,252 \text{ m})^2} = 0,306 \text{ m/s}$$

- perda de carga em cada curva:

$$Q = C_d \cdot S (2g \cdot H)^{1/2} \therefore H = \left(\frac{V}{C_d} \right)^2 \times \frac{1}{2g} = \left(\frac{0,311}{0,61} \right)^2 \times \frac{1}{2g} = 0,00807 \text{ m}$$

- perda de carga nas câmaras:

A perda de carga nas câmaras resulta da resistência ao escoamento do líquido determinada pelas paredes destas (que operam como condutos retangulares fechados). Neste caso, esta perda de carga é igual a hipotética declividade de um canal normal. Como $V = (R_H^{2/3} \cdot I^{1/2})/n$, torna-se necessário o cálculo do raio hidráulico:

$$R_H = \frac{1,5 \text{ m} \times 1,0 \text{ m}}{2 \times (1,5 \text{ m} + 1,0 \text{ m})} = 0,30 \text{ m}$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0,01526 \text{ m}^3/\text{s}}{1,0 \text{ m} \times 1,5 \text{ m}} = 0,01 \text{ m/s}$$

Sendo “n” igual a 0,013 para concreto, tem-se:

$$I = \frac{(0,0102 \text{ m/s} \times 0,013)^2}{(0,30 \text{ m})^{4/3}} \times 3,0 \text{ m} \times 3 \text{ câm} = 0,00000078 \text{ m}$$

- perda de carga total:

$$h_p = 0,00807 \text{ m} \times 2 \text{ curvas} + 0,00000078 = 0,016 \text{ m} \quad \text{Adotado } h_p = 0,020 \text{ m}$$

10 DECANTADOR SECUNDÁRIO

10.1 Vazão

Seqüencialmente ao FBAS previsto para o tratamento secundário dos esgotos, projetou-se uma unidade de decantação, destinada à retenção de sólidos perdidos pelo filtro e dos gerados pela precipitação química de fósforo. A vazão de cálculo é a já definida:

$$Q_{\text{DECANT}} = 15,26 \text{ L/s}$$

10.2 Taxa de aplicação superficial

Para o problema em questão, considerou-se como adequado dimensionar o decantador para uma taxa de aplicação superficial de 1,0 m/h (24 m³/m².d). Assim:

$$\tau_s = 1,0 \text{ m/h}$$

10.3 Dimensionamento hidráulico

Vazão média afluyente ao decantador

$$Q = 15,26 \text{ L/s}$$

Área superficial necessária para decantação

$$A_d = \frac{Q}{\tau_s}$$

$$A_d = \frac{0,01526 \text{ m}^3/\text{s} \times 3.600 \text{ s/h}}{1,0 \text{ m/h}} = 54,94 \text{ m}^2$$

Dimensionais

Considerando-se com vistas à economia de área o decantador retangular, e adotando-se a largura de $B = 5,5$ m, resulta para comprimento:

$$L = \frac{54,4 \text{ m}^2}{5,5 \text{ m}} = 9,89 \text{ m} \quad \text{Adotado } L = 9,75 \text{ m por razões construtivas}$$

Área corrigida

$$A_c = 5,5 \text{ m} \times 9,75 \text{ m} = 53,63 \text{ m}^2$$

Volume útil do decantador

Adotando-se uma profundidade útil de 3,0 m, o volume resulta:

$$V = 53,63 \text{ m}^2 \times 3,0 \text{ m} = 160,89 \text{ m}^3$$

Tempo de detenção hidráulica

Para os volume e vazão referidos, tem-se:

$$TDH = \frac{160,89 \text{ m}^3}{0,01526 \text{ m}^3/\text{s} \times 3.600 \text{ s/h}} = 2,93 \text{ h}$$

$$TAH = \frac{0,01526 \text{ m}^3/\text{s} \times 86.400 \text{ s/d}}{5,5 \text{ m} \times 9,75 \text{ m}} = 24,59 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$$

valor ok, NBR12.209 recomenda valores menores que 36 m³/m².dia

10.4 Canal de alimentação do decantador

O líquido filtrado é coletado por canal a montante do decantador, de base retangular em nível, com largura de 0,3 m, altura de 0,45 m, conforme detalhe de projeto.

Na parede vertical do canal, e externamente a ela, com vistas à distribuição equânime de fluxo, previu-se placas com vertedores triangulares com 90° (configurando uma placa dentada, com entalhes triangulares), 7 (sete) para cada metro linear de placa.

- número de vertedores na placa dentada:

Para a largura interna do decantador de 5,5 m, considerando-se 7 (sete) vertedores por metro linear, tem-se um número total de 38 entalhes, em valores redondos.

- vazão nos vertedores triangulares recortados na placa dentada:

Para a vazão média efluente de 15,26 L/s, tem-se:

$$Q_{\text{vert}} = \frac{15,26 \text{ L/s}}{38} = 0,40 \text{ L/s}$$

- lâmina em cada vertedor:

Utilizando-se a equação de Thomson, tem-se:

$$Q = 1,4 \times H^{5/2} \quad \text{ou} \quad H = (Q / 1,4)^{2/5}$$

Assim:

$$H = (0,00040 \text{ m}^3/\text{s} / 1,4)^{2/5} = 0,038 \text{ m}$$

A taxa de escoamento através do vertedor igual a 240 m³/d.m, portanto inferior aos 380 m³/d.m recomendados pela NBR 12209.

10.5 Vertedor do canal de coleta de efluente decantado

A retirada do líquido do decantador dar-se-á por placas vertedoras projetadas em canal na extremidade de jusante deste, garantindo-se a distribuição uniforme do efluente ao longo do canal pela utilização de vertedores triangulares com 90° (configurando uma placa dentada, com entalhes triangulares), 7 (sete) para cada metro linear de placa, idênticos aos utilizados no canal de alimentação do decantador, colocados conforme posição assinalada no projeto.

10.6 Canal de coleta do efluente decantado

O líquido clarificado é então coletado por canal de base retangular, com largura de 0,30 m, altura de 0,45 m e declividade no sentido da saída de 0,5 %, conforme orientação do fluxo assinalada no projeto.

Verificando-se a condição de escoamento de líquido no canal, com base nas equações da Continuidade e de Manning já reportadas, adotando-se um coeficiente de rugosidade “n” igual a 0,013 (concreto), tem-se:

- largura do canal:

$$B_{\text{canal}} = 0,30 \text{ m (adotada)}$$

- verificação hidráulica:

$$Q_{\text{canal}} = 15,26 \text{ L/s}$$

$$H_{\text{canal}} = 0,0669 \text{ m (seção típica)}$$

$$\text{Área molhada (A)} = 0,0200 \text{ m}^2$$

$$\text{Raio hidráulico (R}_H\text{)} = 0,046 \text{ m}$$

$$\text{Velocidade (V)} = 0,76 \text{ m/s}$$

Considerando-se que a declividade do canal é de 0,5 % em 5,5 m, o enchimento de fundo destes com argamassa de concreto ocupará uma altura máxima de 0,0275 m (5,5 m x

0,005 = 0,0275 m). Admitindo-se que sejam necessários mais 0,05 m de enchimento, com vistas à perfeita execução deste e seu acabamento no ponto de descarga para o decantador, serão ocupados por argamassa, no ponto mais de montante de cada canal, apenas 0,0775 m.

10.7 Lodo descartado do decantador

O lodo descartado do decantador será removido através de bombeamento. Considerando-se que são efluentes do decantador os sólidos biológicos efluentes dos filtros e o lodo químico formado no próprio decantador, tem-se:

$$P_{\text{lodo}} = 84,01 \text{ kg/d} + 37,98 \text{ kg/d} = 122 \text{ kg/d}$$

Para $\gamma = 1.020 \text{ kg/m}^3$ e $C = 2 \%$, obtém-se:

$$V_{\text{lodo,adens}} = \frac{122 \text{ kg/d}}{1.020 \text{ kg/m}^3 \times 0,02} = 5,98 \text{ m}^3/\text{d}$$

Prevendo-se que a bomba projetada junto ao decantador deva operar 8 vezes por dia, recalcará por vez o volume de:

$$V_{\text{rec}} = \frac{5,98 \text{ m}^3/\text{d}}{8} = 0,75 \text{ m}^3$$

Considerando-se o diâmetro DN 2" (Aço galvanizado), DI 52,5, por tratar-se de lodo extremamente fluído, e velocidade mínima de 1,0 m/s, a vazão de recalque deverá ser:

$$Q = \frac{\pi \times 0,0525^2}{4} \times 1,0 \text{ m/s} = 0,00216475 \text{ m}^3/\text{s}$$

Em cada uma das 8 vezes, o tempo de operação da bomba será:

$$t = \frac{0,75 \text{ m}^3}{0,00216475 \text{ m}^3/\text{s}} = 345 \text{ s} = 5,76 \text{ min}$$

Adotando-se bomba centrífuga, e estimando-se a altura manométrica em 5 m (decantador praticamente sem líquido, mais perdas lineares e singulares, e diferença de nível entre o reator anaeróbio e o decantador), com um rendimento mínimo de 50 %, a potência consumida será:

$$P_{(BHP)} = \frac{\gamma \times Q \times AMT}{75 \times \eta} = \frac{1.000 \times 0,00216475 \times 5,0}{75 \times 0,50} = 0,28 \text{ CV}$$

É prática adicionar 10% de potência para a bomba, sendo assim

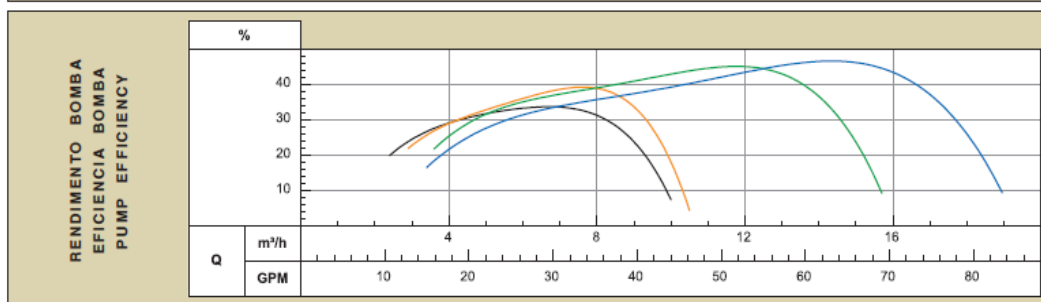
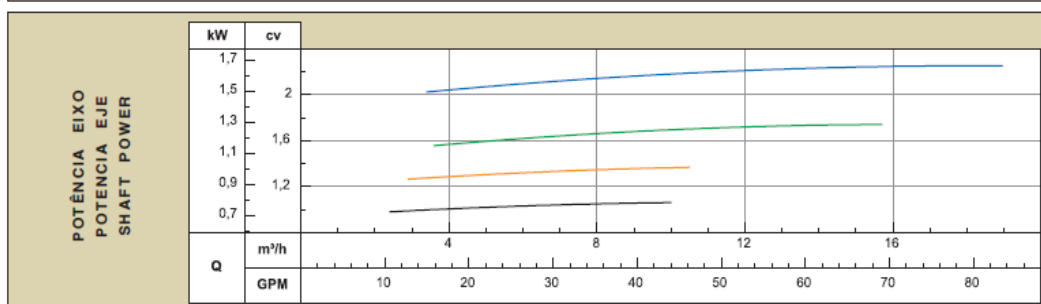
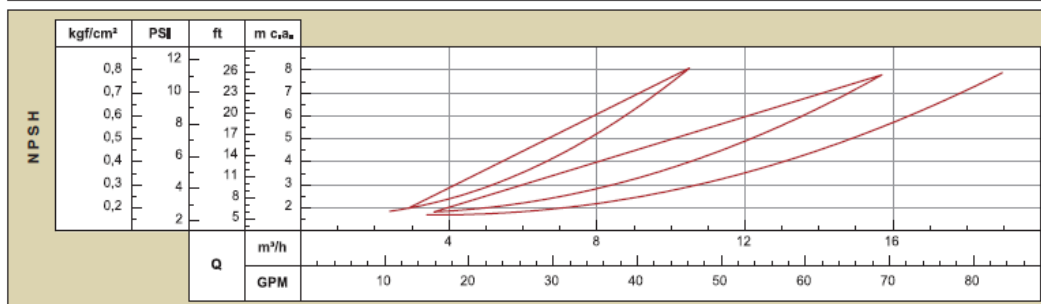
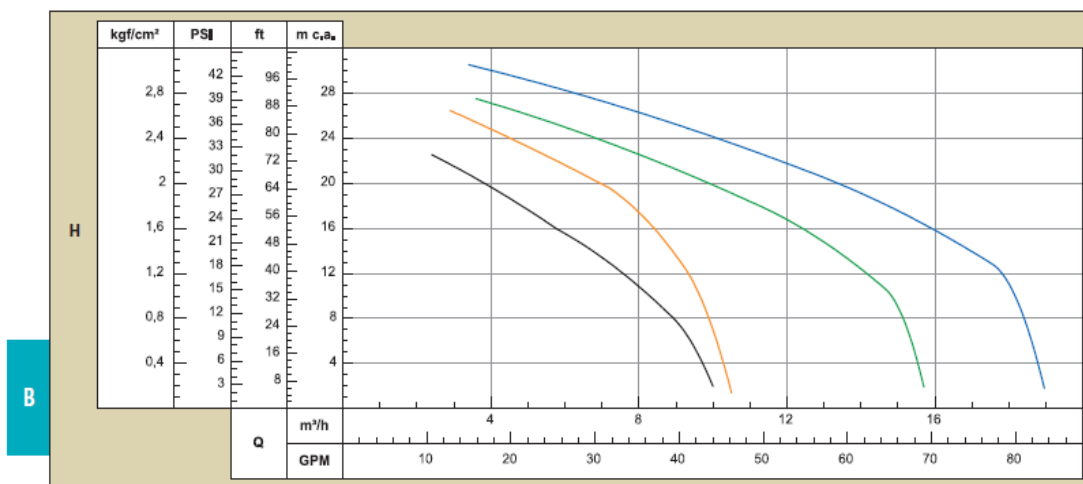
$$P = 10\%P_{(BHP)} = 1,1 \cdot 0,28\text{CV} = 0,32 \text{ CV}$$

A bomba centrífuga auto-escorvante operará em condições normais com uma sucção negativa da ordem de 1 m.

Será adotada uma bomba com potência mínima nominal de 1,0 CV, para contribuir com as manobras de operação.

Em seqüência, são apresentadas as características do equipamento de bombeamento adotado como paradigma.

SCHNEIDER MOTOBOMBAS	MODELO	BCA-1 1/2	51688	sch NAC		
	MODEL			60 Hz		
Sucção / Succión / Suction	1 1/2"	Potência / Potencia / Power [kW(cv)]	0,55 (3/4)	0,75 (1)	1,1 (1,5)	1,5 (2)
Recalque / Descarga / Discharge	1 1/2"	Rotor / Impulsor / Impeller [mm]	130	133	133	135



Obs.: - Curvas características conforme ISO 9906 anexo "A".
 - Desempenho hidráulico de acuerdo a la ISO 9906 anexo "A".
 - Hydraulic performance according to ISO 9906 annex-A.

Revisão 00 - Março/2008

11 DESINFECÇÃO DO EFLUENTE TRATADO

A desinfecção por cloro é a prática mais comum no Brasil em abastecimento de água, sendo a tecnologia totalmente dominada e conhecida. A tendência da desinfecção de esgotos tratados deve ser a mesma, pela disponibilidade de produtos e equipamentos, em nível nacional.

As opções que se dispõem são as seguintes:

- cloro gasoso;
- hipoclorito de cálcio;
- hipoclorito de sódio;
- dióxido de cloro.

De acordo com a bibliografia mais recente relativamente ao assunto (Metcalf&Eddy, 2003, e Desinfecção de Efluentes Sanitários, editado pela ABES, em 2003), o cloro gasoso seria o mais indicado para instalações de maior porte, e os hipocloritos para as estações menores. A principal razão do uso do cloro gasoso é que os hipocloritos apresentam baixo teor de pureza, elevada capacidade corrosiva e maiores cuidados de transporte e manuseio, resultando ainda em custos mais elevados para o caso de instalações de maior porte. Com relação ao dióxido de cloro, este apresenta, comparativamente ao cloro gasoso liquefeito, capacidade de oxidação duas e meia vezes maior e sua ação bactericida não é influenciada por variações de pH quando dosado na faixa de pH entre 6 a 10. Contrariamente ao cloro, não reage com a amônia e seus compostos, não havendo assim a formação das cloraminas; por decorrência, seu poder oxidante e bactericida não é diminuído pela presença de compostos amoniacais. É, no entanto, muito instável, devendo ser preparado no local de aplicação; não destrói compostos amoniacais e por apresentar alto preço, não concorre economicamente com o cloro. Pelas razões expostas, adotou-se para a ETE Roselândia em estudo a desinfecção por hipoclorito de cálcio $\text{Ca}(\text{HClO})_2$, a 65 % de cloro ativo.

- Geração de cloro ativo:

Adoção da concentração de cloro ativo:

$C = 3 \text{ mg/L}$

Consumo de cloro para a vazão de 15,26 L/s:

$$\text{Consumo} = Q \times C = 0,01526 \text{ m}^3/\text{s} \times 86.400 \text{ s} \times 0,003 \text{ kg ClO}_2/\text{m}^3 = 3,96 \text{ kg/d} = 0,165 \text{ kg/h} = 165 \text{ g/h}$$

A desinfecção dar-se-á pela aplicação de 40(quarenta)pastilhas Cloropast 1040 de 50 g por dia (Beraca Sabará Químicos e Ingredientes Ltda., ou similar), com capacidade de dissolução de 10 a 14 g por hora, apostas em 2 (dois) dosadores DosaTech 3000, previstos na câmara de contato. São dosadores de pastilhas de cloro, por gravidade, não pressurizado, providos de um sistema tipo “by-pass”, uma câmara de dissolução de pastilhas, registro de ajuste de vazão de água que passa pela câmara de dissolução, tubo armazenador de pastilhas com capacidade para 2 Kg de pastilha de 50 g, expansível até 4 Kg, com adaptação de acessório opcional, providos de rosca para ajuste de dosagem de cloro, moldados em PVC, com tubulação de entrada e saída de 50 mm em PVC soldável

- Câmara de contato para 15,25 L/s:

. tempo de detenção:

$$t = 15 \text{ minutos} = 0,25 \text{ h}$$

. volume requerido:

$$V = 0,01526 \text{ m}^3/\text{s} \times 86.400 \text{ s/d} \times \frac{0,25}{24} = 13,73 \text{ m}^3$$

Será adotada câmara com 1,0 x 9,75 m, solidária ao decantador, resultando uma área de 9,75 m².

. altura útil:

$$H_u = \frac{13,73 \text{ m}^3}{9,75 \text{ m}^2} = 1,45 \text{ m} \quad \text{Adotado } H_u = 1,45 \text{ m}$$

velocidade de escoamento na câmara:

$$V = \frac{Q}{A_m} = \frac{0,01526 \text{ m}^3/\text{s}}{1,45 \text{ m} \times 1,0 \text{ m}} = 0,0105 \text{ m/s}$$

. perda de carga total no canal:

$$R_H = \frac{1,0 \text{ m} \times 1,45 \text{ m}}{1,0 + (2 \times 1,45 \text{ m})} = 0,3717 \text{ m}$$

Sendo “n” igual a 0,013 para concreto, tem-se:

$$I = \frac{(0,0105 \text{ m/s} \times 0,013)^2}{(0,3717 \text{ m})^{4/3}} \times 9,75 \text{ m} = (\text{desprezível})$$

- Perda de carga nas aletas do canal:

$$h = \left(\frac{V}{C_d} \right)^2 \times \frac{1}{2g} = \left(\frac{0,0105}{0,61} \right)^2 \times \frac{1}{2g} = \text{desprezível}$$

- Perda de carga total no canal:

hp = desprezível.

12 EMISSÁRIO FINAL

O emissário final caracteriza-se por tubulação de PVC DN 250, que conectada à extremidade do canal de saída do decantador secundário, desenvolver-se-á verticalmente até o nível do solo. Após, com recobrimento mínimo de 0,90 m, e com declividade de 0,5 %, conduzirá o efluente tratado até o PV4 interno ao parque da ETE, que então será encaminhado ao talvegue natural existente nas imediações da ETE, descarregando em ala de bueiro prevista para tal fim.

A verificação hidráulica da tubulação foi realizada utilizando-se a equação de Manning já referida para condutos livres, considerando-se para rugosidade interna “n” dos tubos de PVC o valor 0,010. Logo:

$$Q = 15,26 \text{ L/s} = 0,01526 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$I = 0,005 \text{ m/m}$$

$$\text{Lâmina} = 0,39 = 39 \%$$

$$\text{Área molhada (A}_m\text{)} = 0,01594 \text{ m}^2$$

$$\text{Raio hidráulico (R}_H\text{)} = 0,050 \text{ m}$$

$$\text{Velocidade (V)} = 0,96 \text{ m/s}$$

13 DESEMPENHO ESPERADO PELA ETE

13.1 Remoção de DBO₅, nitrogênio amoniacal e coliformes fecais

13.1.1 Tratamento primário por reator anaeróbio de fluxo ascendente

As concentrações de matéria orgânica afluentes ao reator são:

$$\text{DBO}_5 = 400 \text{ mg/L}$$

$$\text{DQO} = 800 \text{ mg/L}$$

De acordo com os cálculos desenvolvidos, à luz das recomendações bibliográficas, as eficiências na remoção de carga orgânica no reator anaeróbio foram fixadas em:

$$E_{\text{DBO}} = 65 \%$$

$$E_{\text{DQO}} = 55 \%$$

Resultaram, assim, as seguintes concentrações de matéria orgânica efluentes do reator anaeróbio:

$$S_{\text{DBO}} = 140 \text{ mg/L}$$

$$S_{\text{DQO}} = 360 \text{ mg/L}$$

A concentração de sólidos em suspensão esperada no efluente do reator anaeróbio é:

$$\text{SS} = 41,27 \text{ mg/L}$$

O NTK será biotransformado para nitrogênio amoniacal no âmbito do reator anaeróbio, com perdas estimadas na forma de gás (NH_3) da ordem de 15 %. Logo, para a concentração afluente estimada de 50 mg/L, resulta:

$$\text{NH}_4^+ = 50 - (50 \times 0,15) = 42,5 \text{ mg/L}$$

Considerando-se a contribuição bruta de $1,0 \times 10^7$ org/100 mL para coliformes fecais, e adotando-se a eficiência de 80 % de remoção em reator anaeróbio como o caso em pauta, para a concentração efluente resulta:

$$\text{NMP} = 1,0 \times 10^7 - (1,0 \times 10^7 \times 0,80) = 2,0 \times 10^6 \text{ NMPorg/100 mL}$$

13.2 Tratamento secundário por filtro biológico aerado submerso

A metodologia de tratamento secundário adotada (filtro biológico aerado submerso) permite esperar-se as seguintes concentrações finais:

a) matéria orgânica:

$S_{\text{DBO}} < 50 \text{ mg/L}$, de acordo com o padrão FEPAM, $< 80 \text{ mg/L}$

$S_{\text{DQO}} < 150 \text{ mg/L}$, de acordo com o padrão FEPAM, $< 260 \text{ mg/L}$

b) nitrogênio amoniacal:

Em filtros biológicos aerados submersos, com contínuo fornecimento de ar a 21 % de oxigênio e à taxa de $120 \text{ Nm}^3\text{ar/kg.DBO}$ aplicada, é de se esperar uma oxidação do NH_4^+ superior a 60 %. Assim, resultará:

$$\text{NH}_4^+ = 42,5 - (42,5 \times 0,60) = 17 \text{ mg/L}, \text{ de acordo com o padrão FEPAM, } < 20 \text{ mg/L}.$$

c) coliformes fecais:

Os organismos termotolerantes encontrarão no filtro biológico aerado submerso, um ambiente inóspito, praticamente destituído de matéria orgânica, e com temperatura inadequada a sua sobrevivência, pois provém de seres de sangue quente. Assumindo-se

conservadoramente que o filtro oportunize a remoção destes em somente 20 %, obtém-se, como carga efluente:

$$\text{NMP} = 2,0 \times 10^6 - (2,0 \times 10^6 \times 0,20) = 1,6 \times 10^6 \text{NMPorg}/100 \text{ mL}$$

O resultado obtido no tratamento biológico impõe a adoção de desinfecção química, conforme apresentado no Capítulo 8. Testes de bancada realizados pelo CESB/DMAE, de Porto Alegre, quando da consecução da ETE São Navegantes, mostraram que para a obtenção de uma redução de três ordens de grandeza na concentração de coliformes fecais pode ser conseguida pela adição de 3 mg/L de cloro ao efluente tratado em nível secundário, desde que mantido um tempo de contato de 30 minutos (ou seja, de 10^6 para 10^3 NMPorg/100 mL). Embora neste caso se tenha trabalhado com tempo de detenção menor, da ordem de 10 minutos, é mais do que razoável admitir valores em torno de duas ordens de grandeza resultem da aplicação do hipoclorito de cálcio. Desta forma, a concentração cairia para 10^3 NMPorg/mL, valor significativamente inferior ao estabelecido pela FEPAM para a vazão da ETE em estudo $1.750 \text{ m}^3/\text{d}$.

d) SS:

Os sólidos em suspensão (SS) serão retidos por sedimentação e recirculados para o reator anaeróbio, juntamente com àqueles perdidos do FBAS.

13.3 Remoção química de fósforo

O projeto da decantação assistida com a aplicação de cloreto férrico em solução, garantirá padrões inferiores ao limite de 3 mg/L de P_T , evitando que o elemento solúvel chegue ao receptor em concentrações que possam preocupar o corpo d'água.

13.4 Conclusão

A análise expedita realizada com as várias unidades da ETE Roselândia permite comprovar que esta operará dentro dos limites fixados pela atual Legislação Ambiental do Rio Grande do Sul.

14 PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO DA ETE

A pavimentação urbana com revestimento em blocos pré-moldados de concreto de cimento Portland constitui-se em alternativa estrutural de pavimento de modelo flexível, apresentando algumas vantagens em relação aos modelos com maior rigidez.

O pavimento com blocos pré-moldados representa uma versão moderna e com grandes aperfeiçoamentos dos antigos calçamentos, efetuados com blocos de cantaria (paralelepípedos), notando-se evolução destacada na forma, em planta, dos blocos e no seu processo de fabricação.

O parque da ETE Roselândia será pavimentado com bloco de concreto intertravado, tipo Unistain, 8,0 cm, assentado sobre cama de areio, confinado por meio-fios de concreto que, responsável pelo travamento transversal. Os meio-fios também delimitam a faixa de rolamento compartilhada com os transeuntes (funcionários da autarquia), já se tratar de uma propriedade particular e destina exclusivamente para a operação do sistema de tratamento.

14.1 Dimensionamento Estrutural

A pavimentação referente ao sistema viário interno será em blocos pré-moldados de concreto de cimento Portland, dimensionamento determinado pelo IP06-Pavimentos Intertravados de Concreto, critério de dimensionamento preconizado pela prefeitura de São Paulo.

14.2 Parâmetros de Dimensionamento

No presente método de dimensionamento, foi considerado que a carga máxima legal no Brasil é de 10 toneladas por eixo simples de rodagem dupla (100kN/ESRD). E adotado a seguinte classificação da via e parâmetros de tráfego:

- Função Predominante..... Via local;
- Tráfego Previsto..... Leve;
- Vida Útil..... 10 anos;
- Volume de Veículos 100 à 400;
- Volume de Caminhões..... 4 à 20;
- N Característico $1,4 \times 10^5$;

14.3 Pavimento com Blocos Intertravado de Concreto

O valor da capacidade de suporte (CBR) do subleito foi estimado a partir dos resultados dos estudos geotécnicos, utilizando correlações cruzadas com o ensaio SPT. Cabe salientar que esta correlação só é válida para $N < 7$ golpes.

A correlação correspondente resulta da seguinte relação:

$$CBR = \frac{N^4}{186}$$

Onde N é número de golpe no SPT;

Observando os ensaios SPT na camada de subleito o número de golpes varia de 2 a 14 e com grande ocorrência de 3 golpes para a camadas de sub-leito projetada, compreendendo aproximadamente 1 metro do terreno natural conforme projeto de terraplenagem . Desta forma, estimando-se um $CBR=0,5\%$

- CBRproj 5%
- N° N $1,4 \times 10^5$
- Bloco de Concreto Intertravado 8,0 cm
- Camada de Assentamento de Areia 5,0 cm
- Base de Brita Graduada 15,0 cm
- Sub-base de Rachão 20,0 cm
- Reforço de subleito com areia 60 cm



PROJETO EXECUTIVO DO SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO ROSELÂNDIA

VOLUME III

**ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO
ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS**

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO.....	7
2	ORIENTAÇÃO AOS PROPONENTES.....	8
3	MÃO-DE-OBRA.....	9
4	FERRAMENTAS E EQUIPAMENTOS	10
5	MATERIAIS E SERVIÇOS	10
6	SERVIÇOS PRELIMINARES	11
6.1	Locação da Obra.....	11
6.1.1	Locação e nivelamento de obras p/conduitos livres	11
6.1.2	Locação e nivelamento de obras localizadas	12
6.1.3	Passadiço Metálico	13
7	MOVIMENTO DE SOLO.....	13
7.1	Escavações.....	13
7.1.1	Escavação mecânica localizada	14
7.1.2	Escavação mecânica de valas.....	14
7.1.3	Escavação manual localizada.....	15
7.2	Reaterro	15
7.2.1	Reaterro com material local ou de empréstimo	15
7.2.2	Preenchimento manual apiloado.....	16
7.2.3	Material de empréstimo – Areia	17
7.3	Bota-fora	17
8	ESCORAMENTO.....	17
8.1	Escoramento de Solo com Blindagem	18
9	ESGOTAMENTO	19
10	FUNDAÇÃO E ESTRUTURA	19

10.1	Materiais.....	19
10.2	Fundações	20
10.3	Lastro de Brita.....	21
10.4	Formas e escoramentos	21
10.5	Concreto.....	22
10.5.1	Cimento	23
10.5.2	Agregado graúdo (brita)	23
10.5.3	Agregado miúdo (areia)	23
10.5.4	Água 24	
10.5.5	Transporte do concreto	24
10.5.6	Lançamento do concreto.....	24
10.5.7	Juntas de concretagem.....	25
10.5.8	Cura do concreto.....	25
10.5.9	Desforma e descimbramento	26
10.6	Armaduras.....	26
10.7	Estocagem dos materiais.....	28
10.8	Impermeabilização	28
10.8.1	Impermeabilização de Estruturas Enterradas com Cimento Cristalizante e Emulsão Adesiva, Até 7 m de Profundidade	29
10.8.2	Preparação dos substratos	29
10.8.3	Impermeabilização com hidroasfalto.....	29
10.8.4	Manta de PEAD	30
11	FECHAMENTO.....	31
11.1	Alvenaria	31
11.1.1	Alvenaria de tijolos cerâmicos furados, 06 furos à chato	31
11.2	Esquadrias e ferragens	31

11.3	Peitoril e soleiras.....	33
11.4	Vidros.....	33
11.5	Guarda-corpo, corrimão e escada	34
11.5.1	Guarda-corpo em tubo de aço galvanizado	34
11.5.2	Escada marinheiro em aço	35
12	REVESTIMENTOS E TRATAMENTO DE SUPERFÍCIES	35
12.1	Pisos	35
12.1.1	Contrapiso de concreto	35
12.1.2	Piso de cerâmica.....	36
12.2	Paredes.....	37
12.2.1	Chapisco	37
12.2.2	Emboço com aditivo impermeabilizante.....	37
12.2.3	Reboco	38
12.2.4	Pintura	38
12.2.5	Azulejo	39
13	ASSENTAMENTO	39
14	POÇOS DE VISITA E INSPEÇÃO TUBULAR.....	40
14.1	Lastro de Brita Apilado.....	41
15	ESPECIFICAÇÕES DE EQUIPAMENTOS E MATERIAIS	41
15.1	ESTAÇÃO DE BOMBEAMENTO DE ESGOTO BRUTO (EBEB).....	41
15.1.1	Cesto içável.....	41
15.1.2	Bombas	41
15.2	DESARENADOR	46
15.2.1	Gradeamento manual	46
15.2.2	Calha Parshall.....	47
15.2.3	Carrinho cacamba.....	47

15.2.4	Comportas (stop-logs).....	47
15.3	REATOR ANAERÓBIO.....	48
15.3.1	Vertedores do canal de descarga do efluente	48
15.3.2	Tampão FºFº estanque ø60cm	48
15.3.3	Biofiltro 48	
15.4	FILTRO BIOLÓGICO AERADO SUBMERSO (FBAS).....	50
15.4.1	Leito filtrante Anéis de Polipropileno.....	50
15.4.2	Sistema de aeração submersa	50
15.4.3	Vertedor do canal de descarga.....	51
15.4.4	Tampas com grade	52
15.5	FLOCULADOR/DECANTADOR/CÂMARA DE CONTATO	52
15.5.1	Vertedor do canal de entrada do decantador.....	52
15.5.2	Vertedor do canal de saída do decantador	52
15.5.3	Misturador rápido	52
15.5.4	Tampas com grade	53
15.6	ELEVATÓRIA DE RECICLO.....	53
15.6.1	Bomba centrífuga c/ acessórios.....	53
15.7	CASA DE PREPARO E ARMAZENAMENTO DE PRODUTOS QUÍMICOS.....	54
15.7.1	Sistema de desinfecção.....	54
15.7.2	Bacia de contenção para tanque principal de armazenamento de cloreto férrico em solução54	
15.7.3	Sistema de abastecimento e dosagem de cloreto férrico em solução.....	54
15.7.4	Tanque principal de armazenamento de cloreto férrico em solução	55
15.7.5	Tanque pulmão de armazenamento de cloreto férrico em solução	55
15.7.6	Sistema de dosagem de cloreto férrico.....	56
15.7.7	Indicador/Controlador de dosagem.....	57

15.7.8	Quadro elétrico de comando (QEC).....	58
15.8	LEITOS DE SECAGEM	58
15.8.1	Fundo drenante dos leitos de secagem	58
15.8.2	Stop-log de fibra de vidro	59
15.9	ESPECIFICAÇÃO DE MATERIAIS.....	59
15.9.1	Materiais em Ferro Fundido	60
15.9.2	Tubos e conexões de PVC	61
15.9.3	Tubos em PVC para Esgoto	62
15.9.4	Tubos e Conexões em PVC para Água Potável	62
15.9.5	Tubos e conexões de aço	62
15.9.6	Tubos e conexões em aço inox	66
15.9.7	Válvulas Borboleta com flanges com atuador mecânico e volante e com atuador elétrico	66
15.9.8	Atuador manual de engrenagem com volante	66
15.9.9	Volante	67
15.9.10	Atuador Elétrico.....	67
15.9.11	Instalação de equipamentos e materiais da ETE.....	68

1 INTRODUÇÃO

Estas Especificações Técnicas têm por objetivo definir os critérios para a execução das obras da ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO ROSELÂNDIA, componente do Sistema de Esgoto Sanitário do município de Novo Hamburgo/RS.

A ETE ROSELÂNDIA ocupará uma área a ser desapropriada pela COMUSA, localizada na região denominada Roselândia, conforme definido nas plantas do projeto.

A implantação da ETE contará com a execução das seguintes obras:

- Construção de um Bloco Hidráulico composto por uma estação de bombeamento de esgoto bruto (EBEB), um desarenador com gradeamento manual, dois canais de retenção de areia (um operativo e um de reserva) e dispositivo de medição de vazão por calha Parshall (tratamento preliminar), um reator anaeróbio de fluxo ascendente com manta de lodo (tratamento primário) e de uma unidade para tratamento do biogás produzido, um filtro biológico aerado submerso (FBAS) (tratamento secundário), um floculador, um decantador, uma câmara de contato para desinfecção e uma elevatória de reciclo de lodo do decantador;
- Construção de uma guarita com laboratório;
- Construção de uma casa para preparo e armazenamento de produtos químicos;
- Construção de um conjunto de leitos de secagem, composto por quatro unidades;
- Urbanização do parque da ETE.

A execução da obra deverá obedecer integral e rigorosamente aos projetos, memoriais, detalhes fornecidos e as normas, especificações e métodos aprovados, ou em fase de projeto da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e relacionadas direta ou indiretamente com a obra.

Sempre que inexistir norma brasileira e enquanto não for criada uma normatização referente a determinado assunto, ficará à critério da FISCALIZAÇÃO a indicação da norma a ser seguida.

A CONTRATADA deverá, durante todo o tempo de execução da obra, manter no mínimo uma frente de obra, com supervisão adequada, mão-de-obra e equipamentos suficientes para executar os serviços até a sua conclusão, dentro do prazo requerido no contrato.

A CONTRATADA, antes do início das obras, deverá solicitar todas as licenças e/ou autorizações necessárias para implantação das mesmas, pagará taxas, impostos e demais encargos junto aos Órgãos Públicos e demais Órgãos Competentes. A FISCALIZAÇÃO não autorizará o início das obras sem a devida documentação.

A CONTRATADA deverá, durante todo o tempo de execução da obra, manter no mínimo duas frentes de obras, com supervisão adequada, mão-de-obra e equipamentos suficientes para executar os serviços até a sua conclusão, dentro do prazo requerido no contrato.

Ao concluir as obras a CONTRATADA deverá fazer uma limpeza geral nas áreas onde as mesmas se desenvolveram.

Fica a CONTRATADA obrigada a manter, por conta e risco, as obras em perfeitas condições pelo período de noventa (90) dias após a conclusão das mesmas e, somente após este prazo, será providenciado pela CONTRATANTE o Termo de Recebimento Definitivo da Obra.

2 ORIENTAÇÃO AOS PROPONENTES

Para a aprovação da FISCALIZAÇÃO, a CONTRATADA deverá apresentar um Cronograma de Execução e, compatibilizado com o mesmo, plano de execução dos serviços, esquematizando o desenvolvimento das diversas etapas da obra.

A CONTRATADA será considerada responsável pelos danos por ela causados nos serviços executados por seus empregados ou dos serviços de utilidade pública e deverá fazer face ao custo de todos os reparos por tais danos.

Qualquer alteração de projeto deverá ser feita de comum acordo com o setor competente da COMUSA, e devidamente documentada. A CONTRATADA deverá levar um diário de obra onde serão devidamente assentadas as ocorrências que sejam consideradas necessárias pela empreiteira ou pela FISCALIZAÇÃO, tais como consultas, modificações, esclarecimentos, estado de tempo, prazo decorrido, etc.

3 MÃO-DE-OBRA

A CONTRATADA deverá, durante todo o tempo, proporcionar supervisão adequada, mão-de-obra e equipamentos suficientes para executar os serviços até a sua conclusão, dentro do prazo requerido no contrato.

Cabe à CONTRATADA a responsabilidade sobre a execução das obras e serviços, fornecimento dos materiais e equipamentos, de acordo com as Especificações estabelecidas pela COMUSA.

A empresa executora deverá apresentar A.R.T. registrada no CREA comprovando a responsabilidade técnica de um profissional habilitado em relação a presente obra.

Todo o pessoal da CONTRATADA deverá possuir habilitação e experiência para executar, adequadamente, os serviços que lhe forem atribuídos.

A mão-de-obra deverá ser especializada, cabendo à FISCALIZAÇÃO alertar a CONTRATADA pela qualidade da execução dos serviços ou mesmo condenando os serviços quando não executados a contento.

Qualquer funcionário operário ou empregado da CONTRATADA que não executar o seu trabalho de maneira correta e adequada, ou seja, desrespeitoso, temperamental ou indesejável por qualquer motivo, deverá, mediante solicitação por escrito da FISCALIZAÇÃO, ser afastado imediatamente pela CONTRATADA.

A CONTRATADA se obrigará a manter, durante o período de contrato, pelo menos um técnico qualificado de nível superior no local das obras, com habilitação legal para

exercício das atividades previstas na execução da presente obra, o qual será o responsável pelo andamento dos trabalhos.

A CONTRATADA se obrigará a chamar a FISCALIZAÇÃO com antecedência razoável sempre que houver necessidade. Quando a CONTRATADA, ou seu representante, não estiver presente em determinado setor de trabalho onde sejam necessárias instruções, estas serão dadas pela FISCALIZAÇÃO e deverão ser recebidas e acatadas pelo capataz ou pela pessoa eventualmente encarregada do serviço em questão.

A CONTRATADA se obrigará a entregar a obra completamente limpa, acabada, desembaraçada de andaimes, máquinas, sobras de material e com todas as instalações em perfeito funcionamento

São de competência e responsabilidade da FISCALIZAÇÃO:

a) Fazer visitas necessárias de inspeção à obra, verificando se está sendo construídos de acordo com os projetos, especificações e cronogramas;

b) Atender os chamados do empreiteiro para esclarecimentos e decidir os casos nas especificações ou projetos.

4 FERRAMENTAS E EQUIPAMENTOS

A CONTRATADA deverá fornecer ferramentas e equipamentos em quantidade, tipo e capacidades que se façam necessários para, satisfatoriamente, executar os serviços. Todos os equipamentos e ferramentas usados deverão ser adequados de modo a atender às exigências dos mesmos. A FISCALIZAÇÃO poderá ordenar a remoção e exigir a substituição de qualquer equipamento não satisfatório.

5 MATERIAIS E SERVIÇOS

Com referência à qualidade dos materiais e dos serviços, serão respeitadas todas as recomendações da ABNT, mesmo que não aqui expressamente citadas.

Os materiais adquiridos deverão ser estocados de forma a assegurar a conservação de suas características e qualidades para emprego nas obras, bem como facilitar sua inspeção. Quando se fizer necessário, os materiais serão estocados sobre plataformas de superfícies limpas e adequadas para tal fim ou, ainda, em depósitos resguardados das intempéries.

De modo geral, serão válidas todas as instruções, especificações e normas oficiais no que se refere à recepção, ao transporte, à manipulação, ao emprego e à estocagem dos materiais a serem utilizados na obra.

6 SERVIÇOS PRELIMINARES

6.1 Locação da Obra

6.1.1 Locação e nivelamento de obras p/conduitos livres

Este trabalho compreende o fornecimento de toda a mão-de-obra, equipamentos e materiais necessários para a execução das operações relativas à locação e serviços topográficos durante toda a execução das obras.

A execução de todos os serviços topográficos, necessários à locação das valas e demarcação de áreas para a estação de tratamento, será de encargo da CONTRATADA, respeitadas as seguintes condições:

- A FISCALIZAÇÃO acompanhará a implantação dos marcos de referência básicos, julgados necessários a seu critério, para a locação das obras.
- Tais marcos serão devidamente coordenados e nivelados e a partir desses elementos básicos, serão de responsabilidade da CONTRATADA os trabalhos de locação e condução das obra.
- A CONTRATADA não dará início a qualquer serviço, sem que sua locação tenha sido verificada pela FISCALIZAÇÃO, mas tal verificação não eximirá a CONTRATADA da responsabilidade da correta execução dos trabalhos.

- A conservação de todos os marcos e estacas de materialização dos levantamentos bem como as locações, relocações e marcação de “off-set’s” que se fizerem necessárias serão de responsabilidade da CONTRATADA.

A locação obedecerá aos detalhes constantes nos respectivos projetos, quanto a posição planialtimétrica. A locação será obrigação da CONTRATADA e contará sempre com a participação da FISCALIZAÇÃO. Entretanto, a responsabilidade por essa locação será inteiramente da CONTRATADA.

Havendo paralelismo entre redes de água e de esgoto, a posição relativa dessas redes será:

- horizontalmente: afastadas no mínimo de 1 m;
- verticalmente, a rede de água deverá ficar, no mínimo 0,50 m acima da de esgoto.

A medição e o pagamento serão por metro linear de vala locada

6.1.2 Locação e nivelamento de obras localizadas

A locação dos prédios da ETE deverá ser executada em terreno limpo e consistirá da demarcação do perímetro e nivelamento do terreno da obra, através da determinação de cotas, devendo obedecer ao projeto da obra e as alterações efetuadas ou autorizadas pela FISCALIZAÇÃO.

A demarcação será realizada através de estacas e da determinação das cotas dos cantos externos, nivelamento e alinhamento das paredes. O nivelamento das paredes deverá ser materializado com estacas e sarrafos de madeira.

A CONTRATADA poderá escolher o processo que achar mais conveniente, desde que atenda às condições técnicas exigidas no projeto e pela FISCALIZAÇÃO.

A CONTRATADA deve relacionar, antes do início das obras, os equipamentos e pessoal que pretenda utilizar para realização dos trabalhos de topografia necessários à locação das obras, de acordo com o projeto.

A FISCALIZAÇÃO terá o direito de exigir a utilização de equipamentos de maior precisão, se os em uso se mostrarem deficientes.

As marcas e RN's (referências de nível) deverão ser indicadas e conservadas.

Quando for constatado erro de nivelamento, a CONTRATADA deverá providenciar a correção, devendo os serviços adicionais e/ou os danos aos materiais fornecidos correrem por conta da CONTRATADA. As consequências decorrentes de erro da locação serão de exclusiva responsabilidade da CONTRATADA.

A medição e o pagamento serão por m² de obra locada.

6.1.3 Passadiço Metálico

Para fins de orçamento foram previstos módulos de passadiço metálico de 1,5m x 5m, com capacidade de suporte de 2 toneladas.

7 MOVIMENTO DE SOLO

7.1 Escavações

O movimento de solos compreende os serviços de escavação, reaterros, compactação, carga, transporte, descarga, espalhamento e conformação do material.

Antes do início dos serviços, deverá a CONTRATADA submeter à FISCALIZAÇÃO um plano de trabalho indicando as etapas, as equipes e os equipamentos a serem utilizados, incluindo todas as operações a serem realizadas.

Os serviços somente poderão ser iniciados mediante autorização da FISCALIZAÇÃO e do Poder Público Municipal, quando for o caso, e deverão ser executados de modo a atender às normas de segurança e sinalização pertinentes as apresentadas nesta Especificação Técnica.

A utilização de meios manuais ou mecânicos para qualquer tipo de serviço levará em conta fatores como:

- a) Disponibilidade de mão-de-obra na região;
- b) Atendimento ao cronograma de obra;

- c) A relação custo/benefício do serviço;
- d) Condições de segurança a pessoas e propriedades;
- e) Condições de tráfego de pessoas e veículos;
- f) As dimensões das escavações, dos aterros e/ou reaterros.

7.1.1 Escavação mecânica localizada

As escavações localizadas compreendem a remoção dos diferentes tipos de solo desde a superfície do terreno até a cota especificada no projeto, em pontos específicos e/ou localizados.

A área em que o serviço será executado deverá estar limpa e preparada.

O material proveniente das escavações que seja considerado reaproveitável, deverá ser depositado ao lado do local escavado, ou transportado, e depositado em local definido pela CONTRATADA com aprovação da FISCALIZAÇÃO para posterior aproveitamento.

O material proveniente das escavações que seja considerado não aproveitável deverá ser transportado e depositado em local definido pela CONTRATADA, com aprovação da FISCALIZAÇÃO.

Para a execução de escavações com profundidade superior a 6,00 metros, e/ou em situações especiais de confinamento (difícil operação), a critério da FISCALIZAÇÃO deverão ser elaborados projetos específicos a cargo da CONTRATADA.

A medição e o pagamento serão por metro cúbico escavado.

7.1.2 Escavação mecânica de valas

As valas serão escavadas em terra segundo a linha do eixo dos tubos, respeitados seu alinhamento e as cotas indicadas no projeto. A área em que o serviço será executado deverá estar limpa e preparada.

Qualquer excesso de escavação ou depressão no fundo da vala, proveniente de erro na escavação, deverá ser preenchido com areia ou material local quando de boa qualidade, aprovado pela FISCALIZAÇÃO e sem qualquer ônus para a CONTRATANTE.

A medição e o pagamento serão por metro cúbico escavado.

7.1.3 Escavação manual localizada

São as escavações realizadas manualmente com auxílio de ferramentas, tais como: pás, enxadas e picaretas, em locais onde não for possível o acesso ou não houver necessidade do uso de maquinários.

A medição e o pagamento serão por metro cúbico escavado.

7.2 Reaterro

7.2.1 Reaterro com material local ou de empréstimo

São considerados reaterros os serviços de reposição de materiais em escavações.

O reaterro de valas para assentamento de tubulações e o reaterro de obras localizadas deverão ser executados de modo a oferecer condições de segurança e estabilidade às redes e bom acabamento da superfície.

Os serviços de reaterro só poderão ser iniciados após autorização e o “de acordo” da FISCALIZAÇÃO, no qual será definido o material que deverá ser utilizado para o reaterro (escavado ou areia).

Os solos utilizados para reaterros serão provenientes da própria escavação. No caso em que o material proveniente da escavação seja considerado, devido as suas características, impróprio para reaterro, deverá ser utilizado material proveniente de empréstimo, conforme for determinado e aprovado pela FISCALIZAÇÃO, e seguindo as mesmas diretrizes estabelecidas para as jazidas de materiais de empréstimo utilizadas para as redes coletoras.

Todo o material para uso no reaterro deverá ser uniforme, isento de raízes, pedaços de pavimentos, tocos de madeira, detritos e toda espécie de matéria orgânica, bem como de pedras ou blocos de rocha que possam danificar as tubulações assentadas.

Em geral os serviços de reaterro compreendem os seguintes procedimentos:

- Lançamento e espalhamento;
- Homogeneização e regularização;
- Compactação ou adensamento.

Para lançamento e espalhamento do material serão utilizados ferramentas manuais (como pás, enxadas e rodos) ou equipamentos mecanizados (carregadeiras, tratores, motoniveladoras e caminhões basculantes), conforme o volume de material a ser utilizado e a presença ou não de estruturas ou outras interferências na área a ser aterrada.

A garantia de uniformidade do reaterro, em termos de granulometria, umidade e características geométricas, será obtida pela homogeneização do material e regularização da camada a ser compactada.

A compactação ou adensamento consiste na redução do número de vazios entre as partículas constituintes do material de reaterro por processos e equipamentos adequados, que variam dependendo das características do material, ou das condições locais da área a ser compactada.

Após o término do serviço, as áreas reaterradas deverão estar conformadas conforme os níveis indicados em projeto. Toda e qualquer depressão verificada posteriormente no local das valas serão corrigidas às expensas da CONTRATADA.

7.2.2 Preenchimento manual apilado

O reaterro das cavas e valas, em local onde não for possível a compactação mecânica, será com material local, e compactado manualmente, com soquete de madeira.

O reaterro deverá reproduzir as condições iniciais do terreno natural.

O início dos serviços deverá ser autorizado pela FISCALIZAÇÃO.

A medição e o pagamento serão por m³ de reaterro compactado.

7.2.3 Material de empréstimo – Areia

É constituído pelo material disposto na base de valas, a fim de que a tubulação assentada resista melhor aos esforços externos atuantes sobre ela, ou para reenchimento de valas, em substituição ao material local.

O material disposto deverá ser adensado e vibrado.

A medição e o pagamento serão por metro cúbico.

7.3 *Bota-fora*

O “bota-fora” representa o material excedente da escavação, determinado pelos volumes correspondentes ao lastro areia, volume ocupado pelos tubos e pela ETE e material inadequado para reaterro substituído por material importado.

A medição e o pagamento serão por metro cúbico de material descartado, estando incluídos o transporte, carga e descarga do material não utilizado, medido na vala.

O material resultante das escavações (bota-fora) será depositado, na medida do possível, dentro da própria área da ETE, em local a ser determinado pela FISCALIZAÇÃO para ser utilizado como aterro (caso possível) em outras unidades da ETE. Se necessário o transporte e descarga para outros locais está considerado uma distância de transporte da ordem de 6 km.

8 *ESCORAMENTO*

Sempre que as escavações de taludes, valas, cavas ou poços, em virtude da natureza e condições do solo, possam provocar deslizamentos ou desmoronamentos de suas paredes laterais, ou alteração da estabilidade do que estiver próximo da região dos serviços, serão providenciados escoramentos adequados.

Independente do tipo de solo, toda e qualquer escavação com taludes verticais, e profundidade superior a 1,30 m, deverá ser obrigatoriamente escorada, em conformidade com o item 18.6.41 da Portaria n.º 17, de 07/07/83, do Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e Medicina do Trabalho - SESMT, do Ministério do Trabalho.

Em obras permanentes ou provisórias de características especiais, ou em escavações com profundidade igual ou superior a 6,0 metros, quando não for técnica ou economicamente viável a fixação de taludes compatíveis com as características geotécnicas do solo, os escoramentos deverão ser definidos por projetos específicos, com cálculo de empuxo e verificação de estabilidade.

Neste caso, quando inexistir projeto específico de escoramento, caberá ao executor da obra desenvolver o respectivo projeto e submeter à aprovação da CONTRATANTE.

8.1 Escoramento de Solo com Blindagem

O Escoramento Blindado é constituído por duas paredes metálicas de tamanhos predefinidos, conectadas entre si por estroncas metálicas ou outro material similar que garanta a sustentabilidade das paredes mantendo o sistema rígido, garantindo assim a proteção dos operários.

O tipo de blindado a ser utilizado, leve ou pesado, será em função da altura da vala, devendo ter como orientação a tabela apresentada abaixo:

Escoramento Tipo	Altura	Comprimento
Leve	< 2,0 m	5 m
Pesado	> 2,0 m	5 m

Tabela 1: Dimensões do escoramento blindado para cada tipo de situação durante a execução das redes coletoras e poços de visita.

A medição e o pagamento do escoramento por blindagem considera que cada metro quadrado de blindado é capaz de escorar as valas em duas faces, logo, o dobro da área de valas.

9 ESGOTAMENTO

Para o esgotamento de água existente no fundo das escavações, a CONTRATADA deverá providenciar a instalação e operação de equipamentos comuns ou especiais e pessoal técnico competente para as tarefas de esgotamento do lençol d'água com utilização de ponteiros, bombas de imersão com funcionamento ininterrupto necessário à execução das obras.

Para tanto, a CONTRATADA deverá prover-se de todo o equipamento necessário para a ligação e medição de força, que deverá estar conforme os padrões da Concessionária local. É indispensável à existência, sempre, de unidades de reserva prontas para serem utilizadas como mangotes, crivos, válvulas de retenção, entre outros. A CONTRATADA poderá utilizar equipamentos com características diferentes das mencionadas, não sendo motivo de pagamento em separado.

A CONTRATADA será totalmente responsável pela execução deste item, cabendo-lhe deixar as valas em condições de trabalho.

A medição e o pagamento será em horas de funcionamento de moto-bomba.

10 FUNDAÇÃO E ESTRUTURA

10.1 Materiais

Todos os materiais, a serem empregados na estrutura da obra, deverão ser comprovadamente de primeira qualidade e satisfazer rigorosamente as características que constam no projeto estrutural e nas especificações técnicas, bem como as Normas da ABNT.

Qualquer alteração no projeto ou mudanças de materiais, deverá ser previamente aprovado pela COMUSA e pelo Engenheiro Projetista Responsável.

Serão utilizados materiais após serem os mesmos submetidos a exames e à aprovação pela FISCALIZAÇÃO.

Para o exame de aprovação dos materiais, a CONTRATADA comunicará à FISCALIZAÇÃO, com suficiente antecedência, a entrega dos mesmos por parte dos fornecedores.

Os materiais adquiridos deverão ser estocados de forma a assegurar a conservação de suas características e qualidades para emprego nas obras, bem como a facilitar sua inspeção. Quando se fizer necessário, os materiais serão estocados sobre plataformas de superfícies limpas e adequadas para tal fim, ou ainda em depósitos resguardados das intempéries.

De modo geral, serão válidas todas as instruções, especificações e normas oficiais no que se refere à recepção, transporte, manipulação, emprego e estocagem dos materiais a serem utilizados nas diferentes obras.

10.2 Fundações

O projeto de fundações baseou-se em sondagens realizadas no local da obra.

A fundação será mista com blocos sobre estacas e radier, usando-se a própria laje de fundo como fundação.

O solo deverá suficientemente resistente, compatível com a tensão admissível indicada nas plantas (de 0,15 MPa para o Bloco Hidráulico e de 0,12 MPa para as demais unidades) e capaz de evitar recalques diferenciais.

Caso esta condição não seja atendida o solo deverá ser removido e substituído por outro de melhor qualidade e compactado em camadas, até que atinja a resistência exigida.

Toda a fundação direta será assente em uma camada de concreto magro, na espessura mínima de 5,0 cm.

10.3 Lastro de Brita

Consiste numa camada de pedra britada nº 2, com espessura de 10 cm e sobrelargura de 10cm para os lados, aplicada diretamente sobre o terreno nivelado, antes da execução das estruturas em concreto e algumas pavimentações.

Essa camada deverá ser regularizada e apiloada com soquete de madeira ou compactador mecânico (sapo).

A medição e o pagamento serão por metro cúbico (m³) de lastro espalhado e compactado.

10.4 Formas e escoramentos

As formas e escoramentos deverão obedecer aos critérios da NBR-7190 (NB-11) e/ou NB-14.

As formas deverão ser suficientemente resistentes para não se deformarem durante a concretagem. Além disto, deverão ser praticamente estanques de modo a não permitir a perda de nata do concreto, principalmente durante o adensamento.

Antes do início da concretagem, as formas deverão estar limpas e estanques, de modo a evitar eventuais fugas de pasta. As formas deverão ser molhadas até a saturação a fim de evitar a absorção de água de amassamento do concreto.

As formas para a execução das estruturas de concreto, exceto fundações, serão executadas em chapas compensadas de madeira plastificadas, de 1,10 x 2,20m, com espessura mínima de 12mm.

As fôrmas para as fundações serão executadas em tábuas de madeira de 2ª qualidade, não considerando o reaproveitamento.

Os produtos anti-aderentes, destinados a facilitar a desmoldagem, serão aplicados na superfície da forma antes da colocação da armadura.

O escoramento de lajes de cobertura deverá ser metálico, obedecerá aos seguintes critérios, estabelecidos pela NBR-6118.

O escoramento deverá ser projetado de modo a não sofrer, sob ação do peso próprio, do peso da estrutura e das cargas acidentais que possam atuar durante a execução da obra, deformações prejudiciais à forma da estrutura ou que possam causar esforços no concreto na fase de endurecimento.

Deverão ser tomadas as precauções necessárias para evitar recalques prejudiciais provocados no solo ou na parte da estrutura que suporta o escoramento, pelas cargas por este transmitidas.

Além do exposto, a sua construção deverá cuidar da estanqueidade da forma e apresentar superfícies lisas.

Os prazos mínimos para a desforma deverão ser aqueles indicados pelas Normas da ABNT.

Após a desforma, deverão ser providenciados os reparos das imperfeições da superfície do concreto, tais como, pregos, asperezas, arestas por desencontro de formas e outras.

O serviço inclui o fornecimento de todos os materiais e serviços necessários para a montagem e desmontagem das formas, e será pago por metro quadrado.

O escoramento das lajes será pago por metro quadrado de estrutura escorada.

As fôrmas serão pagas por metro quadrado de fôrma executada.

10.5 Concreto

a) Concreto de regularização (magro): O traço recomendado é o de 1:2,5: 2 (em peso) com consumo mínimo de 250 kg de cimento por m³ de concreto e fator água-cimento máximo de 0,50. A critério da FISCALIZAÇÃO, esses valores poderão ser modificados visando obter melhor trabalhabilidade e / ou maior resistência;

b) Concreto de enchimento: O concreto empregado será usinado e deverá ter resistência à compressão igual ou superior a $f_{ck} = 15 \text{ MPa}$ (150 kgf/cm²)

c) Concreto armado: O concreto empregado será usinado e deverá ter resistência à compressão igual ou superior a $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$ (300 kgf/cm^2).

Deverão ser obtidas amostras representativas a serem submetidas aos ensaios específicos.

10.5.1 Cimento

O cimento usado poderá ser o Portland Comum, Pozolânico ou Portland com escória de alto forno, devendo após a escolha de um deles, manter-se fiel até o fim da obra. Deverá ser de fabricação recente e chegar à obra acondicionado em embalagem original, intacta, inclusive na sua rotulagem. Em obras de concreto que ficarão aparentes, todo cimento deverá ser do mesmo tipo e fabricante e, se possível, do mesmo lote, a fim de não haver desuniformidade na cor.

10.5.2 Agregado graúdo (brita)

Deverão ser limpos, isentos de pedras em formas lamelares ou aculeiformes e de sílicas ativas.

A estocagem da brita deverá ser compartimentada para que não haja contaminação com areia ou argila, nem mistura com britas de granulometrias diferentes.

10.5.3 Agregado miúdo (areia)

A areia deverá ser quartzosa, isenta de substâncias nocivas como mica, cloreto de sódio ou outros sais delíquescientes, e limpa (sem argilas, gravetos, impurezas orgânicas etc.).

Deverá ser de grãos angulosos e ásperos ao tato.

A estocagem da areia deverá ser compartimentada de forma que não seja contaminada por brita, nem misturada com outras areias, de granulometria diversa.

10.5.4 Água

A água sempre deverá ser limpa, isenta de sais ou outras substância que possam prejudicar os concretos ou as argamassas, etc.

10.5.5 Transporte do concreto

Quando o concreto for proveniente de usina alheia (adquirido pronto), o transporte até o local de lançamento poderá ser por bomba do fornecedor do concreto, ou por meios da CONTRATADA, que serão os mesmos se o concreto for produzido localmente.

Este transporte até o local de lançamento deve ser feito imediatamente após o recebimento ou o preparo, não devendo transcorrer mais do que 30 minutos entre a origem e a deposição no destino.

Além disto, o meio usado não poderá provocar a segregação dos componentes do concreto, nem sua contaminação por água de chuva, poeira, derrame de resíduos de obra etc.

10.5.6 Lançamento do concreto

Antes do início do lançamento, as formas e armaduras deverão ser verificadas quanto à sua correta posição, limpeza, altura das régua de nível nas lajes etc.

Para melhorar a vedação das formas e facilitar a sua posterior remoção, estas deverão ser abundantemente molhadas antes do lançamento.

A colocação do concreto nas formas será feito em camadas horizontais e vibrado mecanicamente, à medida do lançamento.

Durante o lançamento deverão ser tomadas todas as precauções para que a circulação dos carrinhos de concreto ou a do pessoal envolvido, não desloque ou danifique armaduras já colocadas ou tubulações que ficarão embutidas no concreto.

Para adensamento e uniformização do concreto serão usados vibradores internos, externos ou superficiais, conforme a forma da peça que estiver sendo concretada. O uso desses vibradores deverá ser feito adequadamente, para evitar danos ou deslocamentos de formas ou ferragens, nem provocar desagregação dos componentes do concreto.

Em volumes muito grandes, a interrupção da concretagem deverá ser planejada, de maneira que esta se dê sempre nos apoios. Tratando-se de peças com superfícies que ficarão aparentes, a interrupção também será planejada de forma a minimizar o mau aspecto das linhas de emendas de concretagem.

Deve-se evitar concretagens quando a temperatura ambiente for menor do que +5 °C ou maior do que + 35 °C, nem quando houver previsão de chuvas fortes imediatas.

10.5.7 Juntas de concretagem

As juntas de concretagem devem obedecer o plano indicado no projeto estrutural, e devem permitir uma perfeita aderência entre o concreto já endurecido e o que vai ser lançado.

Para assegurar-se a condição acima, as juntas devem receber tratamento com escova de aço, jateamento de areia ou qualquer outro processo que proporcione a formação de dentes, ranhuras ou saliências. Tal procedimento deve ser efetuado após o início da pega e quando a peça apresentar resistência compatível com o trabalho a ser executado.

Quando da retomada da concretagem, a superfície da junta concretada anteriormente deve ser preparada da seguinte forma:

- Limpeza dos materiais pulverulentos, nata de cimento, graxa ou quaisquer outros prejudiciais a aderência;
- Saturação com jatos de água, deixando a superfície com aparência de “saturado superfície seca”, conseguida com a remoção do excesso de água superficial;
- No lançamento de concreto novo sobre a superfície antiga pode ter exigido, a critério da fiscalização, o emprego de adesivos estruturais.

10.5.8 Cura do concreto

A medida que o lançamento vai sendo concluído, o concreto deve ser protegido contra altas temperaturas por insolação e será mantido molhado durante os 3 ou 4 dias seguintes à concretagem.

10.5.9 Desforma e descimbramento

Os prazos para desforma e descimbramento obedecerão as Normas Brasileiras específicas.

10.6 Armaduras

As armaduras obedecerão ao Projeto Estrutural e as especificações da ABNT.

A armadura de qualquer peça de concreto armado deverá ser executada rigorosamente conforme o projeto estrutural, no que diz respeito à seção de aço, sua distribuição em barras, a posição destas e, inclusive, a posição e tipo de eventuais emendas nessas barras.

Também a qualidade dos aços adotada deverá ser rigorosamente obedecida.

O cobrimento da armadura será de 4,0 cm, salvo quando for indicado contrário e deverá ser rigorosamente obedecido:

As emendas dos ferros por traspasse deverá obedecer rigorosamente o item 9.5.2 da NBR6118/2003.

Os aços utilizados deverão apresentar a designação da categoria, da classe do aço e a indicação do coeficiente de conformação superficial, especialmente quando este for superior ao valor mínimo exigido para a categoria.

As partidas de aço serão inspecionadas pela FISCALIZAÇÃO, sendo rejeitadas as barras que não apresentarem homogeneidade quanto as características geométricas ou apresentarem defeitos prejudiciais, tais como, bolhas, fissuras, esfoliações e corrosão acentuada.

Os materiais rejeitados deverão ser removidos imediatamente do canteiro de obras, sem ônus para a COMUSA.

O armazenamento das barras de aço no canteiro de obras, em regiões secas com baixa umidade relativa do ar, será feito sobre estrados de madeira com altura de 30 cm, apoiadas em solo limpo de vegetação, com pequena declividade e recoberto por camada de pedra britada; no caso de apoio sobre pisos, o estrado poderá ficar a 10 cm de altura. Em regiões úmidas, além das medidas citadas, as barras serão cobertas por lona plástica.

Serão rejeitadas as barras de aço, em processo de corrosão, que apresentarem redução na sua seção transversal efetiva superior a 10 %.

O armazenamento deverá ser feito separadamente para cada bitola, tomando-se todos os cuidados para que as barras não sofram torções, evitando-se a formação de dobras e o emaranhamento nos feixes recebidos.

As barras e telas, antes de serem cortadas, deverão ser endireitadas, sendo que os trabalhos de retificação, corte e dobramento deverão ser efetuados com todo o cuidado, para que não sejam prejudicadas as características mecânicas do material.

As barras serão cortadas e dobradas a frio com equipamento adequado, de acordo com a NBR 6118. Não será permitido o aquecimento do aço para facilitar o dobramento.

O dobramento das barras deverá ser feito obedecendo-se ao disposto no item 12, Anexo 1 da NBR-7480.

Os diâmetros de dobramento das barras obedecerão ao previsto no projeto estrutural.

As emendas das barras deverão ser executadas de acordo com os detalhes do projeto estrutural e o disposto no item 6.3.5 da NBR- 6118.

No caso de emendas por solda, a CONTRATADA apresentará, através de laboratório idôneo, o laudo de ensaio do tipo de solda a ser empregado, para aprovação da FISCALIZAÇÃO.

Na montagem das armaduras, deverá ser observado o prescrito na NBR-6118 e no projeto estrutural.

A armadura deverá ser montada na posição indicada no projeto e de modo a que se mantenham firmes durante o lançamento do concreto, observando-se inalteradas as distâncias das barras entre si e entre estas e as faces internas das formas.

Para garantia do perfeito posicionamento serão utilizados arames de amarração e espaçadores.

Os cobrimentos das armaduras serão aqueles indicados no projeto estrutural, ou, em caso de omissão, os valores mínimos recomendados pela NBR 6118, e aprovados pela FISCALIZAÇÃO.

Após o término dos serviços de armação, e até a fase do lançamento do concreto, a CONTRATADA deverá evitar ao máximo o trânsito de pessoas sobre as armaduras colocadas.

Caso seja necessário, a CONTRATADA executará uma passarela de tábua que oriente a passagem e assim distribua o peso sobre o fundo das formas, e não diretamente sobre as armaduras.

No prosseguimento dos serviços de armação decorrente das etapas construtivas da obra, obriga-se a CONTRATADA a limpar a armadura de espera, com escova de aço, retirando excessos de concreto e de nata de cimento.

Nos casos em que a exposição das armaduras às intempéries for longa e previsível, as mesmas deverão ser devidamente protegidas.

As armaduras, antes do início da concretagem, deverão estar livres de contaminações, tais como incrustações de argamassa, salpicos de óleo ou tintas, escamas de laminação ou de ferrugem, terra ou qualquer outro material que, aderido às suas superfícies, comprometa a sua aderência ao concreto.

A FISCALIZAÇÃO deverá inspecionar e aprovar a armadura em cada elemento estrutural após sua colocação.

A medição e o pagamento serão por peso (kg) de aço empregado.

10.7 Estocagem dos materiais

Os produtos perecíveis ou deterioráveis, como o cimento e os eventuais aditivos, deverão ser estocados de maneira correta, recomendada pelos fabricantes e respeitando-se rigorosamente os respectivos prazos de validade.

10.8 Impermeabilização

A execução de serviços de impermeabilização das estruturas de concreto obedecerão rigorosamente às normas da ABNT – NBR 9574 (Execução de

Impermeabilizante) e NBR 11905 (Sistema impermeabilizante composto por cimento impermeabilizante e polímeros).

Conforme a solicitação imposta pela água, a impermeabilização será contra água de percolação ou contra umidade do solo.

10.8.1 Impermeabilização de Estruturas Enterradas com Cimento Cristalizante e Emulsão Adesiva, Até 7 m de Profundidade

Serão impermeabilizadas as paredes interna do bloco hidráulico e dos leitos de secagem, com a intenção de deixar as mesmas estanques, ou seja sem vazamentos ou infiltrações de qualquer magnitude, tão impermeável quanto possível de forma a contribuir para que se consiga a estanqueidade das unidades.

A medição e o pagamento serão por metro quadrado de impermeabilização.

10.8.2 Preparação dos substratos

As superfícies a serem impermeabilizadas deverão estar limpas, livres de poeiras, graxas, óleos ou outros materiais que possam agir como camada separadora entre o substrato e a impermeabilização. Possíveis falhas de concretagem, bolhas de ar e imperfeições deverão ser abertas, limpas e regularizadas (preenchidas) com argamassa de traço 1:3 (cimento/ areia média) aditivada com plastificante sintético tipo AQUAFIN_LATEX, ou similar com as mesmas características.

10.8.3 Impermeabilização com hidroasfalto

As superfícies de contato entre as fundações e a alvenaria de tijolos e paredes externas dos elementos que estiverem em contato com o solo deverão ser impermeabilizadas com hidroasfalto na sequência seguinte:

- Será feita em 3 demãos.
- Trata-se de um asfalto emulsionado (hidroasfalto) que forma uma película estável e insolúvel na superfície aplicada.

- Preparação do substrato e aplicação do hidroasfalto:

- A superfície deve estar perfeitamente seca e limpa. O hidroasfalto é aplicado com broxa, rodo ou vassoura de pêlo macio. Aplicar a primeira demão diluída em no máximo, 20% de água. Após a secagem, aplicar mais 2 demãos cruzadas, puras, com aproximadamente 2,0 mm de espessura cada uma, sempre aguardando a secagem da demão anterior.

- Aguardar 7 dias depois da última demão de hidroasfalto e aplicar um composto adesivo (cimento, areia, água e resina sintética) antes de executar a proteção.

- Aplicar uma argamassa de 3 cm de espessura e juntas de dilatação a cada 2 metros.

- Em seguida realizar a proteção lançando sobre a superfície uma camada de argila expandida com cerca de 5 cm.

Após a secagem final deve ser feito o teste de estanqueidade.

10.8.4 Manta de PEAD

Para a impermeabilização do fundo do Bloco Hidráulico e do Leito de Secagem será colocada, entre a camada de areia e a camada de aterro compactado, uma Geomembrana de Polietileno de Alta Densidade de 2 mm de espessura, evitando-se assim a percolação de água de infiltração do solo para a estrutura de concreto.

Características do material:

Geomembrana de Polietileno de Alta Densidade (PEAD) e alto peso molecular fabricado através do processo de matriz plana, com 97,5% de resina virgem, aditivada com 2,5% de negro de fumo e antioxidantes de acordo com normas internacionais (GRI).

Propriedades:

Espessura nominal = 2,00 mm; Densidade = 0,94 g/m; Resistência à Tração no Escoamento = 29 kN/m, Resistência à Tração na Ruptura = 53 kN/m; Alongamento no Escoamento = 12%; Alongamento na Ruptura = 700%; Resistência ao Rasgo = 249N; Resistência ao Puncionamento = 640 N; Teor de Negro de Fumo = 2 a 3%; Dispersão de Negro de Fumo = de 10 avaliações diferentes todas as 10 nas categorias 1 ou 2.

Referência comercial: marca Plastisul, Engepol ou equivalente.

11 FECHAMENTO

11.1 Alvenaria

11.1.1 Alvenaria de tijolos cerâmicos furados, 06 furos à chato

As alvenarias serão de tijolos cerâmicos com 6 furos a chato. Serão assentes com argamassa de cimento cal e areia, traço 1:2:8, rebocados interna e externamente.

As espessuras estarão indicadas nos desenhos de arquitetura, não sendo permitido o corte de tijolos para alcançar a espessura de projeto.

As juntas da argamassa de assentamento terão espessura máxima de 1,2 cm; as horizontais deverão ser contínuas e em nível e, as verticais serão desencontradas para garantir melhor intertravamento dos tijolos. Todas as juntas serão tomadas com argamassa, não sendo permitidas "juntas secas".

No fechamento dos vãos em estruturas de concreto, as duas últimas fiadas serão feitas, no mínimo, 7 dias após o restante da parede ter sido levantada, permanecendo este tempo em repouso para retração. O fechamento será feito com tijolos encunhados contra a estrutura ou com tijolos em disposição normal, usando-se, porém, argamassa com aditivo expensor.

Nas paredes assentadas sobre alicerce ou baldrame, além da impermeabilização, nas três primeiras fiadas da alvenaria, o assentamento dos tijolos deverá ser feito com argamassa de cimento, cal e areia, no traço 1:2:8, em volume, com adição de impermeabilizante para massa, na proporção indicada pelo fabricante.

A medição e o pagamento serão por metro quadrado de alvenaria executada.

11.2 Esquadrias e ferragens

As esquadrias deverão obedecer ao projeto arquitetônico e seus detalhes, no que diz respeito à localização, funcionamento, dimensões e material. As esquadrias especificadas

no projeto da ETE indicam o fornecimento de esquadrias em alumínio, alumínio anodizado e madeira.

A relação das esquadrias e equipamentos de proteção e acesso consta nas planilhas de orçamento e nas plantas do projeto arquitetônico.

Todos os trabalhos de esquadrias comuns ou especiais serão realizados com boa qualidade técnica, por mão-de-obra especializada e executados rigorosamente de acordo com os detalhes e dimensões indicadas nas plantas do projeto arquitetônico.

As medidas constantes no projeto serão conferidas antes da fabricação, com as medidas em “osso” na obra, a fim de que as esquadrias fabricadas encaixem perfeitamente com um mínimo de folga nos vãos a que se destinam.

Nenhuma esquadria poderá ser assentada sem antes ser verificada pela Fiscalização as condições técnicas da mesma, seu funcionamento e se confere com os detalhes de projeto ou com a amostra aprovada.

Além do fornecimento, caberá à CONTRATADA a colocação das esquadrias nos vãos previamente preparados para tal, inclusive a fixação dos respectivos tacos, chumbadores, marcos e contramarcos.

A colocação compreende, principalmente, o nivelamento e prumo das esquadrias e seu perfeito funcionamento após a fixação.

Os acessórios e aplicações de serralheria serão colocados após os serviços de argamassa e revestimentos, e protegidos até a conclusão da obra.

As ferragens das esquadrias deverão obedecer às indicações do projeto e serem adequadas à função que deverão cumprir na esquadria. Deverão ser precisas no seu funcionamento, com qualidade que garanta durabilidade e acabamento perfeito.

As fechaduras terão o cubo, trinco, chapa-de-testa, contra-chapa e chaves, em latão. As lingüetas poderão ser em latão ou em aço, maciços. O acabamento será cromado para as partes aparentes da fechadura. As maçanetas de alavanca deverão ser de latão fundido ou laminado, maciças; os espelhos, em latão laminado. O acabamento será cromado, salvo outra indicação no projeto.

As ferragens não deverão ser pintadas, exceto quando se tratar de dobradiças de ferro polido, especificadas no projeto.

A medição e o pagamento serão por unidade fornecida e colocada, incluindo o custo de todas as ferragens.

11.3 Peitoril e soleiras

Os peitoris externos, quando em janelas, deverão ser embutidos sob a esquadria, apresentar declividade para fora, sobressaindo no mínimo, 2,0 cm do plano da parede e serão dotados de pingadeira.

Os peitoris serão executados nas dimensões indicadas no Projeto Arquitetônico. A colocação dos peitoris, que serão cimentado liso, deverá obedecer, no que for pertinente, o estabelecido no Projeto Arquitetônico.

Deverão ser assentadas com argamassa de cimento e areia, traço 1:4.

Quando em desnível, as soleiras ficarão sempre em nível com o piso de maior cota e sobressairão ligeiramente ao plano vertical da parede sobre o piso de menor cota.

As soleiras deverão ser executadas nas larguras indicadas, em ardósia.

Deverão ser assentadas com argamassa de cimento e areia, traço 1:4.

A medição e o pagamento serão por metro de peitoril / soleira, fornecido e colocado.

11.4 Vidros

Os vidros serão fornecidos e colocados nas esquadrias conforme indicado no projeto. Serão vidros lisos, transparentes e espessura de 4 mm.

A manipulação, armazenamento e assentamento das chapas de vidro obedecerão às normas da ABNT.

Não serão aceitos vidros defeituosos, com bolhas, lentes, ondulações, ranhuras e desbitolados.

Deverão ser fornecidos cortados nas dimensões previstas, evitando-se sempre o corte na obra; as bordas deverão ser esmerilhadas de forma a se apresentarem lisas, regulares e isentas de lascas.

As esquadrias, antes de receberem os vidros, deverão ser preparadas e limpas e os caixilhos, quando de ferro, pintados com tinta antioxidante.

Em caixilhos, será obrigatório o uso de gaxetas ou baguetes para apoio dos vidros, facilitando os deslocamentos conseqüentes de dilatação.

Para assentamento das chapas de vidro nos caixilhos, será empregada massa de vidraceiro, exceto nos de alumínio ou com baguetes de alumínio, quando será usada massa de calafetar, tiras ou perfilados de plástico flexível apropriado, resistente às intempéries.

Em nenhuma hipótese o vidro deverá ser apoiado diretamente sobre elementos de sustentação; o repouso de placas no leito deverá ser somente sobre dois calços distanciados a um terço das extremidades das chapas; entre o vidro e a esquadria deverão ser previstas folgas de 3 mm a 5 mm para absorver a dilatação.

Os vidros de segurança da guarita terão espessura de 5 mm e tela de proteção. Deverão obedecer as prescrições da NBR11706/92 e demais normas complementares.

Serão incolores transparentes e com superfície lisa; suas dimensões, espessura e detalhes serão indicados no projeto arquitetônico.

A medição e o pagamento serão por metro quadrado de vidro, fornecido e colocado.

11.5 Guarda-corpo, corrimão e escada

11.5.1 Guarda-corpo em tubo de aço galvanizado

Para proteção junto ao gradeamento, passarela e escada de acesso ao poço de bombas serão instalados guarda-corpos e corrimão em estrutura de aço galvanizado, h=120 cm, nas dimensões e detalhes indicados em planta.

Os tubos de aço deverão ter diâmetro 1.1/2".

A medição e o pagamento serão por metro quadrado, fornecido e colocado.

11.5.2 Escada marinheiro em aço

Para acesso ao poço de sucção será instalada escadas do tipo marinheiro com guarda-corpo em aço inox padrão COMUSA, com as extensões indicadas em plantas.

A medição e o pagamento serão por metro de escada, fornecida e instalada.

12 REVESTIMENTOS E TRATAMENTO DE SUPERFÍCIES

12.1 Pisos

12.1.1 Contrapiso de concreto

Serão aplicados como base de proteção para os pisos internos e externos em contato com o solo.

O contrapiso de concreto a ser utilizado na obra será com resistência mecânica característica à compressão (f_{ck}) > 15 MPa, com baixa relação água/cimento, com superfície sarrafeada e espessuras conforme as indicações de projeto e memoriais de cálculo, com aditivo impermeabilizante. Serão previamente colocadas juntas de dilatação de ripas de madeira de lei de 8x1,2 cm, impermeabilizadas. O concreto deverá ser lançado, espalhado e não desempenado sobre o lastro de brita, após concluídas as canalizações que deverão ficar embutidas no piso, quando for o caso.

A superfície do contrapiso deverá ser plana, porém rugosa, nivelada ou em declive, conforme indicação de projeto.

O contrapiso deverá ser feito de modo a evitar ressaltos de um nível da peça em relação ao outro, e diferenças de medidas além da tolerância permitida pela material.

Antes do lançamento da argamassa de regularização deverão ser verificadas as dimensões, o esquadro do local da pavimentação, o nivelamento e o prumo.

Os materiais utilizados e a metodologia de aplicação deverão atender às especificações do projeto, às normas técnicas da ABNT pertinentes, e serem aprovados pela FISCALIZAÇÃO.

A medição e o pagamento serão por metro cúbico de contrapiso executado.

12.1.2 Piso de cerâmica

Os ambientes de serviços indicados no projeto levarão piso de cerâmica esmaltada, na cor e padrão indicados pela COMUSA, aplicados sobre laje de concreto estrutural ou sobre contrapiso.

As peças serão de primeira qualidade (com índice PEI 4 ou maior), selecionados, sem peças defeituosas e sempre de um mesmo lote de fabricação para cada ambiente.

O contrapiso ou laje a serem ladrilhados deverão estar perfeitamente limpos e terão caimento mínimo (se possível não perceptível a olho nu quando seco) em direção aos ralos e pontos de escoamento d'água.

A colocação será feita de modo a deixar juntas perfeitamente alinhadas, com abertura máxima de 2 mm nos ladrilhos, e de até 15 mm quando nas lajotas.

O rejuntamento poderá ser feito com cimento comum ou branco (com adição ou não de corante) ou com Rejunte com fixador de cor (impermeável, com fungicida e bactericida), na cor indicada no padrão COMUSA.

O assentamento do piso de cerâmica será executado por colagem sobre o contrapiso ou laje previamente preparados. Este preparo será feito com uma camada de regularização, com argamassa de cimento e areia média no traço volumétrico 1:4, devidamente reguada, seguida de guarnecimento de argamassa de cimento e areia fina no traço volumétrico 1:1, com acabamento alisado com desempenadeira de madeira ou metálica, deixando-se caimento mínimo para o escoamento de água.

Após 3 dias de cura, será feita a colagem dos ladrilhos ou lajotas, com adesivo indicado para este fim, com desempenadeira dentada de aço, conforme recomendações do fabricante do produto. É vedada a imersão prévia dos ladrilhos ou lajotas em água.

A medição e o pagamento serão por metro quadrado de piso fornecido e assentado.

12.2 Paredes

12.2.1 Chapisco

Todas as superfícies de alvenaria ou de concreto previstas para terem revestimento de argamassa (emboço e reboco), receberão inicialmente, uma aplicação de chapisco, a fim de melhorar as condições de aderência do revestimento.

O chapisco será constituído de argamassa de cimento e areia média, no traço volumétrico 1:4, com grande fluidez, adicionada ou não de adesivo diluído na água de amassamento. É jogada contra a parede formando uma camada irregular de espessura entre 4 e 8 mm.

Antes da aplicação do chapisco, as paredes deverão ser limpas à vassoura, e isentas de óleos ou graxas.

O salpique poderá ser aplicado por máquina apropriada que permite maior uniformidade de acabamento. Os traços usuais nestas condições serão 1:2, 1:3 ou 1:4 (cimento e areia média ou grossa), dependendo da graduação do agregado e da adição ou não de corantes, impermeabilizantes ou outros produtos com a finalidade de melhorar a aderência ou ainda o aspecto visual.

A medição e o pagamento serão por metro quadrado.

12.2.2 Emboço com aditivo impermeabilizante

Serão aplicados sobre superfícies previamente chapiscadas e umedecidas, como camada intermediária para receber o reboco ou outros tipos de revestimentos industrializados.

A verticalidade será garantida pela confecção de taliscas e mestras de espessura máxima de 2,0 cm, com argamassa de traço igual ao do emboço.

Os emboços serão feitos com argamassa de cimento, cal e areia regular, no traço volumétrico 1:1:4, tanto para paredes internas quanto externas, sarrafeadas.

A adição de aditivos impermeabilizantes à água de amassamento para os emboços externos ficará condicionada a prévia autorização da Fiscalização.

A aplicação do emboço somente será permitida após a cura completa do chapisco e do embutimento de toda tubulação e caixas, previstas para instalações de água, esgoto, luz, telefone e gás.

A medição e o pagamento serão por metro quadrado.

12.2.3 Reboco

Serão executados sobre os emboços, com espessura de, no máximo, 5 mm, como camada de acabamento.

O reboco será composto de argamassas de cimento, cal e areia fina no traço volumétrico 1:2,5.

A adição de aditivos impermeabilizantes à água de amassamento para os rebocos externos ficará condicionada a prévia autorização da Fiscalização.

Todas as superfícies a serem rebocadas deverão ser limpas, secas e com o emboço curado, não sendo permitida a execução do reboco nas superfícies expostas a chuvas.

A medição e o pagamento serão por metro quadrado.

12.2.4 Pintura

Para as alvenarias e concretos serão usadas tintas à base de látex acrílico e pigmento, com acabamento liso semi-brilhante, aplicadas sobre demão de selador acrílico. Aplicação e cuidados conforme recomendações do fabricante. Para as superfícies em madeira, será utilizado verniz poliuretano brilhante em três demãos.

Os materiais empregados deverão ser de 1º qualidade. Todas as superfícies a serem pintadas deverão estar isentas de trincas, rachaduras e cuidadosamente limpas.

Serão dadas as demãos de tinta necessárias para que se tenha a uniformidade e qualidade de textura desejada. O intervalo entre demão será estabelecido pelas normas do fabricante.

Deverá ser evitado escorrimento ou salpique de tintas nas superfícies não destinadas à pintura (vidro, pisos, etc.).

As superfícies a serem pintadas serão preparadas de acordo com o tipo de pintura a que se destinarem, conforme as recomendações do fabricante.

Toda a superfície pintada deverá apresentar, depois de pronta, uniformidade quanto a textura, tonalidade e brilho.

O acabamento final da pintura deverá apresentar tonalidade uniforme, devendo aplicar-se tantas demãos quantas necessárias.

As pinturas de superfícies externas não serão permitidas com tempo chuvoso e úmido. Após a ocorrência das chuvas dever-se-á esperar que a superfície esteja totalmente seca para que sejam reiniciados os serviços.

As canalizações, telas, tampas metálicas, deverão ser pintadas conforme ABNT NR 26 portaria 3214.

A medição e o pagamento serão por metro quadrado, incluindo o fornecimento da tinta e aplicação.

12.2.5 Azulejo

Nas áreas indicadas no Projeto arquitetônico serão assentados azulejos brancos, 15x15 cm, assentados com argamassa de cimento colante e rejuntados com cimento branco.

13 ASSENTAMENTO

A CONTRATADA deverá assentar os materiais relacionados nas pranchas do projeto, com todos os acessórios necessários à montagem e de acordo com o Projeto Hidráulico-Mecânico, onde estão definidos os materiais a serem assentados e suas localizações, sendo que na execução desses serviços deverão ser observadas, além destas especificações, as instruções dos fabricantes, normas da ABNT e outras aplicáveis, em suas últimas versões, bem como as orientações da FISCALIZAÇÃO da COMUSA.

A medição e o pagamento serão por peça ou unidade (conexões) e m (metro) nas tubulações assentadas ou instaladas, estando incluídos no preço todas as despesas com pessoal (incluindo encargos sociais), materiais complementares, ferramentas,

equipamentos, carga, transporte, descarga e qualquer tipo de locação de equipamentos e máquinas e seus fretes, bem como toda a mão de obra necessária e suficiente para a plena execução dos serviços.

14 POÇOS DE VISITA E INSPEÇÃO TUBULAR

Os PV's serão do tipo N, executados de acordo com os critérios apostos em seqüência:

A base dos PV's será executada com uma laje de fundo de concreto, assentada sobre um lastro de brita Nº 2 de 10 cm de espessura regularizada e apiloada com soquete de madeira.

A partir deste ponto, serão utilizados anéis suplementares de concreto pré-moldado, nas alturas previstas nos detalhes do projeto.

Os PV's serão executados com anéis pré-moldados de DN 1.100, laje pré-moldada de transição, e anéis pré-moldados de DN 600 (chaminé).

Os PV's serão dotados de tampões – tampa e telar ou caixilho - de ferro fundido cinzento ou dúctil, com articulação e diâmetro de passagem igual a 0,60 m, obedecendo as normas NBR-10158, NBR-10159 e NBR-10160, da ABNT. O telar deverá possuir dispositivo de trava ou articulação que permita o perfeito encaixe e fixação da tampa, com dispositivo antifurto, bloqueio de segurança da tampa e anel antiruído, classe 300KN de resistência. Todos os tampões de ferro fundido terão a inscrição padrão “ESGOTO SANITÁRIO”, “COMUSA” e ano de fabricação.

Ocorrendo quedas únicas ou múltiplas com altura superior a 0,75 m, serão utilizados tubos de queda, de acordo com o padrão adotado correntemente pela COMUSA.

A medição e o pagamento serão por unidade fornecida e montada, incluindo-se a carga, transporte e descarga de pré-moldados de concreto e tampões.

A medição e o pagamento serão por unidade fornecida e montada.

14.1 Lastro de Brita Apilado

Consiste numa camada de pedra britada nº 2, com espessura mínima de 10 cm (dez centímetros), aplicada diretamente sobre o terreno nivelado. Essa camada deverá ser regularizada e apilada com soquete de madeira ou compactador mecânico (sapo).

A medição e o pagamento serão por metro cúbico (m³) de lastro espalhado e compactado.

15 ESPECIFICAÇÕES DE EQUIPAMENTOS E MATERIAIS

Os equipamentos e materiais a serem empregados na estação de tratamento de Esgotos serão fornecidos pela contratada ou pela Comusa, conforme discriminado nas planilhas orçamentárias.

15.1 ESTAÇÃO DE BOMBEAMENTO DE ESGOTO BRUTO (EBEB)

15.1.1 Cesto içável

Deverá ser instalado um cesto içável, em aço inox, que servirá para a retenção de sólidos grosseiros com diâmetros iguais ou maiores que 1,9 cm, que venham a convergir pela rede para a ETE. O equipamento obedecerá os detalhes constantes no Projeto Hidráulico.

A medição e o pagamento serão por unidade (un) fornecida.

A instalação do equipamento será paga à parte, em item específico.

15.1.2 Bombas

Quantidade: 02

Vazão: 31,50 L/s

Altura manométrica total: 12,81 mca

Frequência: 60 HZ

Rotação máxima admissível: 1750 rpm (4 Polos)

Rendimento hidráulico mínimo admissível da bomba no ponto de operação: 60,0 %

Requisitos construtivos mínimos dos grupos motor-bomba submersíveis:

Da bomba:

Ser centrífuga, submersível, com sucção simples;

O eixo deverá ser único entre bomba e motor, em aço inox AISI 420 ou de qualidade superior comprovada, não sendo admitido mancais intermediários;

O corpo espiral bem como a carcaça do motor elétrico deverão ser construídos em ferro fundido ASTM A-48 CL-30 ou de qualidade superior comprovada, protegidos externamente através de pintura anticorrosiva a base de epóxi, poliamida ou borracha clorada;

Todos os parafusos, porcas, arruelas e prisioneiros deverão ser em aço inoxidável AISI 304, ou superior;

O rotor deverá ser construído em ferro fundido ASTM A-48 CL-30 ou de qualidade superior comprovada, com passagem mínima de sólidos de no mínimo 65 mm. Para rotor fechado, o mesmo deverá possuir 2(dois) ou 3(três) canais e para rotor aberto deverá possuir no mínimo 1(um) canal;

O corpo espiral deverá ser provido de anel de desgaste ou placa ranhurada em ferro fundido ASTM A-48 CL- 30 ou de qualidade superior comprovada;

Entre a bomba e o motor elétrico, deverá existir um compartimento estanque preenchido com óleo lubrificante não agressivo ao meio ambiente;

Este compartimento deverá ser provido de drenos e plugs de inspeção, acessíveis ao exterior, para fácil verificação e reposição de óleo;

As vedações entre as peças metálicas usinadas devem ser executadas através de anéis ó'ring em borracha nitrílica sem emendas;

As vedações entre o eixo e compartimento estanque do motor elétrico e o líquido a ser bombeado, deverão ser através de dois conjuntos de selos mecânicos, sendo um superior com sedes em carbeto de silício/silício e um inferior com sedes em carbeto de

silício/silício, e as vedações secundárias deverão ser através de anéis ó-rings em borracha nitrílica;

Os rolamentos deverão ser do tipo pré-lubrificado à graxa para assegurar um funcionamento isento de manutenção por um período mínimo de três anos;

O conjunto deverá ser fornecido na versão para instalação fixa através de um único tubo guia ou cabo guia em aço galvanizado com lance de 06m, acompanhado do suporte superior do tubo/cabo guia, chumbadores, 06m de corrente em aço galvanizado para içamento do conjunto dimensionadas para suportar no mínimo duas vezes o peso do conjunto e pedestal em ferro fundido ASTM A-48 CL-30 ou de qualidade superior comprovada e provido de junta de vedação para o pedestal em borracha nitrílica.

Do motor elétrico:

Ser de indução, assíncrono, trifásico, com rotor em curto circuito, alojado em câmara estanque a seco e impermeável;

A câmara de ligação deve ser hermeticamente isolada da câmara do motor através de anéis ó-ring em borracha nitrílica sem emendas, sendo que esta deverá ser provida de sensor para controle de umidade;

Deverá ser provido de sensor para controle de umidade no compartimento inferior;

A entrada do cabo de energia na câmara de ligações deve ser vedada através de um anel cilíndrico de borracha (prensa cabo) assegurando total vedação ao sistema;

Estator dimensionado para operar sob tensões de 220/380/440 V, e projetado para trabalho em regime contínuo e permanente com líquido bombeado em temperaturas de até 40°C, capaz de suportar no mínimo 15(quinze) partidas por hora;

A isolação do bobinado e das ligações do estator deverá ser no mínimo em classe “F”, para operar em temperaturas de até 155 °C, com grau de proteção mínimo IP - 68;

Tolerância a variações de tensão na ordem de + 10 %;

Ser provido de chaves térmicas bimetálicas para proteção contra sobreaquecimento dos enrolamentos, sendo uma por fase, ligadas em série para operarem a uma temperatura de $130^{\circ} + 5^{\circ} \text{ C}$, com rigidez dielétrica entre terminais e capa isolante de 1500 Vca/ 1min.

A potência nominal do motor deverá ser de no mínimo 10% superior ao solicitado pelo BHP da bomba no ponto de operação;

Deverá ser provida com no mínimo 10 metros de cabo elétrico flexível com classe de isolamento de 750 V, capaz de operar em contínua submersão de até 20 metros de profundidade no líquido à ser bombeado, sem perda de suas características físico-químicas e elétricas, dimensionado para a potência e tensão de operação do motor elétrico, com quatro condutores, sendo três fases e um neutro e ainda no mínimo três condutores para o monitoramento das chaves térmicas bimetálicas e dos sensores de proteção.

Dados a serem fornecidos para aprovação dos equipamentos:

Folha de dados e anexos dos equipamentos ofertados, com as seguintes informações:

Rendimento hidráulico da bomba no ponto de operação solicitado;

Rotação;

Potência absorvida no ponto de operação solicitado;

Passagem de sólidos;

Altura manométrica com vazão nula;

Desenhos dimensionais específicos dos grupos motor-bomba submersíveis ofertados;

Curvas características de performance da bomba, com indicação do ponto de operação solicitado;

Desenhos específicos com vista explodida e relação de peças dos equipamentos a serem ofertados;

Material e forma construtiva do rotor (e tipo de rotor);

Características da selagem superior e inferior;

Potência nominal do motor expressa em KW ou CV.

Testes e ensaios:

Todos os equipamentos deverão ser obrigatoriamente testados e ensaiados junto às instalações do fabricante, atendendo aos requisitos e normas previstas no edital.

A inspeção para controle de qualidade e acompanhamento dos testes será feita conforme o disposto no Edital, por técnico da COMUSA, nas instalações do fabricante, sem ônus para a COMUSA. A critério da COMUSA o acompanhamento dos testes por técnico, poderá ser dispensado.

Todos os equipamentos deverão ser obrigatoriamente testados nas instalações do fabricante (teste hidrostático e performance) à velocidade nominal, conforme normas do Hydraulic Institute, ou DIN 1944 CL II.

Comprovação dos valores garantidos do equipamento:

Os parâmetros de eficiência reais de ensaio de cada conjunto deverão ser levantados em ensaios de bancada, utilizando-se instrumentação devidamente aferida. A referida aferição deverá ser atestada por certificados atualizados emitidos pela Administração de Pesos e medidas (INMETRO) ou por Laboratório de Metrologia Aplicada.

Os testes e ensaios de desempenho deverão ser executados conforme estabelecido nestas Disposições Técnicas Gerais.

Documentação técnica:

Deverão ser entregues em 02 (duas) vias durante o fornecimento, os seguintes documentos:

Desenho dimensional do conjunto;

Certificados dos testes e ensaios;

Desenho em corte do grupo motor bomba;

Lista de peças e sobressalentes do grupo motor bomba submersível;

Teste de performance conforme normas ISSO/DIS 9906/2 ANEXO A 1/A2;

Análise de vibração conforme norma ISO 2373;

Teste de aderência da pintura conforme norma NBR 11.003;

Teste de estanqueidade conforme NBR 7882;

Teste do motor compreendendo os ensaios de:

Alta tensão: Conforme NBR 6936;

Resistência de Isolação: Conforme NBR 6939;

Manual de manutenção e operação no idioma português;

Certificado de garantia

Observações:

A proponente deverá comunicar com antecedência a COMUSA que os equipamentos encontram-se à disposição para inspeção;

A proponente, na sua proposta, deverá disponibilizar no Estado do Rio Grande do Sul assistência técnica, com técnicos treinados na fábrica, e possuir estoque de peças de reposição para toda a manutenção necessária;

Toda a unidade de bombeamento deverá ser projetada para operar 24 horas em regime contínuo e permanente, sem que haja cavitação, sobre-aquecimento, vibração, ou esforço excessivo, necessitando apenas de manutenção de rotina;

Todas as partes e componentes das unidades de bombeamento deverão ser projetadas e construídas de modo que haja possibilidade de intercambialidade e substituição das partes sem que haja necessidade de ajuste ou usinagem adicional.

15.2 DESARENADOR

15.2.1 Gradeamento manual

Serão fornecidos e instalados quatro conjuntos de grades manuais de barras de aço inox ($\frac{1}{2}$ " x 1") para remoção de sólidos grosseiros, inclinadas 70°, duas grades com 2,5 cm e mais duas grades de 1,5 de espaçamento entre barras, largura de 62 cm, altura na vertical 50 cm, comprimento total da ordem de 53,2 cm.

A medição e o pagamento serão por unidade (un) fornecida.

A instalação do equipamento será paga à parte, em item específico.

15.2.2 Calha Parshall

Será fornecida e instalada uma Calha Parshall, construída em fibra de vidro, com garganta $W = 3'' = 7,6 \text{ cm}$, que permite a medição de vazão até $53,8 \text{ L/s}$. A medição da vazão será realizada através de régua milimetrada, colocada verticalmente do lado interno de cada canal de caixa de areia, a 310 mm para a montante da garganta do Parshall. A régua terá sua parte inferior coincidente com a base da seção de controle.

A medição e o pagamento serão por unidade (un) fornecida.

A instalação do equipamento será paga à parte, em item específico.

15.2.3 Carrinho caçamba

a) Caçamba para remoção de sólidos grosseiros $V = 4 \text{ m}^3$

b) Caçamba para remoção de areia $V = 4 \text{ m}^3$

Serão fornecidos dois carrinhos caçambas em aço carbono ASTM – A36 formado por chapas laterais de $1/8''$ e chapas de fundo e frente de $1/4''$. Dimensões: $C = 2,6 \text{ m}$, $L = 1,6 \text{ m}$ e $H = 1,1 \text{ m}$; volume mínimo de 4 m^3 . O revestimento interno e inferior será com metalização de zinco e pintura epóxi betuminosa de alta espessura preta. O revestimento lateral será com uma demão de primer epóxi poliamida alta espessura vermelho óxido e duas demãos de acabamento brilhante epóxi poliamida alta espessura na cor amarela.

A medição e o pagamento serão por unidade (un), estando incluído no preço, o fornecimento e instalação completa do conjunto, bem como todas as despesas com pessoal (incluindo encargos sociais), materiais e acessórios complementares de instalação, pintura, ferramentas de montagem, equipamentos, carga, transporte, descarga e qualquer tipo de locação de equipamentos e máquinas e seus fretes, bem como toda a mão de obra necessária e suficiente para a plena execução dos serviços.

15.2.4 Comportas (stop-logs)

Os stop-logs serão construídos em fibra de vidro, com volante com haste inox 304, com as dimensões de 900 mm no pórtico de comando, e 500 mm na gaveta. Terão a

espessura de 18 mm, encaixados em guias de perfis “U” 50 × 60 mm também em fibra, previamente embutidos nas paredes de concreto, conforme Projeto Hidráulico-Mecânico.

A medição e o pagamento serão unidade fornecida.

A instalação do equipamento será paga à parte, em item específico.

15.3 REATOR ANAERÓBIO

15.3.1 Vertedores do canal de descarga do efluente

Serão fornecidos dois vertedores triangulares de regulagem de nível em fibra de vidro, com 12,20 m de comprimento cada um, altura de 15 cm, com 7 triângulos recortados em “V” na parte superior com 5 cm de altura, para cada metro de vertedor. Também a cada metro será realizada a fixação do vertedor, através de parafusos que permitirão o ajuste e que serão definidos em comum acordo com a FISCALIZAÇÃO.

A medição e o pagamento serão por metro de vertedor fornecido.

A instalação do equipamento será paga à parte, em item específico.

15.3.2 Tampão FºFº estanque ø60cm

Serão fornecidos 07 tampões de ferro fundido, os quais deverão ser estanques para gases, e deverão apresentar duas manoplas para movimentação para permitir inspeção do reator UASB. Os tampões deverão garantir estanqueidade para evitar fuga de gás do interior do reator. Estes deverão ser protegidos do ataque químico por meio de revestimento com tinta epóxi à base de alcatrão de hulha ou do tipo tar-free com espessura de película seca de, no mínimo, 400µm. Alternativamente à pintura e, dependendo do material (tampão de aço), poderá se empregar zincagem por imersão à quente seguido de pintura adequada (tipo epóxi, conforme supramencionado).

15.3.3 Biofiltro

A CONTRATADA deverá fornecer os materiais e executar, um biofiltro de carvão ativado a ser construído, conforme detalhes do Projeto, e que atenderá o Reator Anaeróbio

projetado, recebendo o biogás proveniente da degradação dos materiais orgânicos nele estabilizados.

O biogás será encaminhado à unidade filtrante de carvão ativado, através de tubulação de PVC DN 50. Esta tubulação será pintada na cor preta, conforme NBR 6493 1994, para indicar que o biogás contido na tubulação é inflamável.

O biogás será queimado na atmosfera através de um tubo condutor de ferro galvanizado com diâmetro de 1", e comprimento aproximado de 1,00 m, tendo para isso em sua extremidade um queimador (flare), para remoção complementar do biogás.

O biofiltro terá 1,0 m de diâmetro interno e 1,40 m de altura total assim distribuídos:

- fundo falso de 0,50 m;
- laje de fundo em concreto pré-moldado, com espessura de 0,10 m, e um mínimo de 100 furos de $\varnothing$ 25 mm.

Leito de sustentação de 0,55 m com a seguinte composição:

- 0,20 m de cascalho com diâmetro entre 25,4 e 50,8 mm;
- 0,10 m de cascalho com diâmetro entre 12,7 e 25,4 mm;
- 0,08 m de cascalho com diâmetro entre 6,7 e 12,7 mm;
- 0,10 m de areia com diâmetro médio de 7 mm;
- 0,07 m de areia com diâmetro médio de 3 mm;
- 0,55 m de carvão ativado com diâmetro entre 2,5 e 3 mm;
- 0,30 m de free-board entre a superfície de carvão ativado e a laje de cobertura do biofiltro;
- laje de cobertura em concreto pré-moldado, com espessura de 0,10 m.

A medição e o pagamento serão por unidade (un), estando incluídos no preço, a construção completa do biofiltro, com fornecimento e instalação de todos os materiais, inclusive o leito de sustentação e o leito de carvão ativado, acessórios necessários a sua construção, bem como todas as despesas com pessoal (incluindo encargos sociais),

materiais complementares de instalação, ferramentas de montagem, equipamentos, carga, transporte, descarga e qualquer tipo de locação de equipamentos e máquinas e seus fretes, bem como toda a mão de obra necessária e suficiente para a plena execução dos serviços.

15.4 FILTRO BIOLÓGICO AERADO SUBMERSO (FBAS)

15.4.1 Leito filtrante Anéis de Polipropileno

Serão fornecidos os materiais e serviços para executar o leito filtrante do Filtro Biológico Aerado Submerso, conforme Projeto Hidráulico-Mecânico, onde constam sua localização, dimensões e detalhes de sua construção.

O leito filtrante terá 2,80 m de altura útil, sendo constituído de anéis tipo Pall Ring 2", em polipropileno com área específica superficial de 100m²/m³ ou superior.

A medição e o pagamento serão por metro cúbico (m³) de material efetivamente fornecido pela CONTRATADA, estando incluído no preço, todas as despesas com pessoal (inclusive encargos sociais), materiais, equipamentos, carga, transporte, descarga e qualquer tipo de locação de equipamentos e máquinas e seus fretes, bem como toda a mão-de-obra necessária e suficiente para a plena execução dos serviços.

15.4.2 Sistema de aeração submersa

Será fornecido e instalado o sistema de aeração e todos os acessórios a que eles se referem, conforme Projeto Hidráulico-Mecânico, onde constam sua localização, dimensões e detalhes de sua montagem.

O sistema de geração de ar para o filtro projetado será formado por dois sopradores rotativos tipo roots (1 operativos + 1 reserva), rotação 3000 RPM, vazão de ar 10,29m³/min, pressão 4,00 mca, potência consumida 12 BHP, motor elétrico 15,0 CV, 2 pólos, 60Hz com conexão de 4". A exaustão da casa dos sopradores se dará pela admissão de ar lateralmente.

Serão utilizados difusores em Aço Inoxidável D-24 ¾ NPT;

Número de difusores: 36 unidades;

Vazão de ar por filtro: 10,29 m³/min;

Vazão de ar por difusor: 0,28 m³/min;

Vazão de ar mínima por difusor - unitária: 0,14 m³/min;

Vazão de ar máxima por difusor - unitária: 0,39 m³/min.

O sistema proposto é composto por uma grade, dividida por dois ramais de distribuição onde estão instalados os difusores bolha grossa D-24 em Aço Inoxidável. Essas grades são interligadas à uma tubulação de alimentação através de um manifold em aço inoxidável ANSI 304 de 3". Os ramais que compõem as grades serão também em aço inoxidável ANSI 304 de 2", que estarão apoiadas em suportes em aço inoxidável ANSI 304.

Conjuntos de fixação regulável como abraçadeiras e chumbadores expansivos serão em aço inoxidável ANSI 304; suportes e parafusos serão em aço AISI 304.

O sistema de aeração proposto para o filtro são do tipo fixo, e deverá ser instalado acima das placas perfuradas de concreto.

A medição e o pagamento serão por metro de vertedor fornecido.

A instalação do equipamento será paga à parte, em item específico.

15.4.3 Vertedor do canal de descarga

Será fornecido um vertedor triangular de regulação de nível em fibra de vidro, com 4,75 m de comprimento, altura de 15 cm, com 7 triângulos recortados em "V" na parte superior com 5 cm de altura, para cada metro de vertedor. Também a cada metro será realizada a fixação do vertedor, através de parafusos que permitirão o ajuste e que serão definidos em comum acordo com a FISCALIZAÇÃO.

A medição e o pagamento serão por metro de vertedor fornecido.

A instalação do equipamento será paga à parte, em item específico.

15.4.4 Tampas com grade

As tampas com grades serão executadas com aço de construção de ½" a cada 10 cm, com reforço inferior e quadros interno e externo em perfil cantoneira de 1" x 1" x 1/8".

A medição e o pagamento serão por unidade fornecida.

15.5 **FLOCULADOR/DECANTADOR/CÂMARA DE CONTATO**

15.5.1 Vertedor do canal de entrada do decantador

Será fornecido um vertedor triangular de regulagem de nível em fibra de vidro, com 5,50 m de comprimento, altura de 15 cm, com 7 triângulos recortados em "V" na parte superior com 5 cm de altura, para cada metro de vertedor. Também a cada metro será realizada a fixação do vertedor, através de parafusos que permitirão o ajuste e que serão definidos em comum acordo com a FISCALIZAÇÃO.

A medição e o pagamento serão por metro de vertedor fornecido.

A instalação do equipamento será paga à parte, em item específico.

15.5.2 Vertedor do canal de saída do decantador

Será fornecido um vertedor triangular de regulagem de nível em fibra de vidro, com 5,50 m de comprimento, altura de 15 cm, com 7 triângulos recortados em "V" na parte superior com 5 cm de altura, para cada metro de vertedor. Também a cada metro será realizada a fixação do vertedor, através de parafusos que permitirão o ajuste e que serão definidos em comum acordo com a FISCALIZAÇÃO.

A medição e o pagamento serão por metro de vertedor fornecido.

A instalação do equipamento será paga à parte, em item específico.

15.5.3 Misturador rápido

A CONTRATADA deverá fornecer e instalar um conjunto misturador rápido de eixo vertical, 0,75 HP, rotação 1.750 rpm, proteção IP-54, isolamento classe B, frequência 60 Hz, totalmente fechado, ventilação externa, mancal provido de rolamentos de esferas

especialmente concebido para absorver forças radiais e axiais. Os retentores serão de duplo efeito, impedindo vazamentos de lubrificante ou a penetração de agentes externos; acoplamento, motor elétrico e o eixo do misturador tipo Luva Rígida. Terá revestimento especial contra o ataque de produtos químicos (cloreto férrico) e todos os acessórios que a eles se referem.

A medição e o pagamento serão por unidade (un) fornecida.

A instalação do equipamento será paga à parte, em item específico.

15.5.4 Tampas com grade

As tampas com grades serão executadas com aço de construção de ½" a cada 10 cm, com reforço inferior e quadros interno e externo em perfil cantoneira de 1" x 1" x 1/8".

A medição e o pagamento serão por unidade (un) fornecida.

A instalação das tampas será paga à parte, em item específico.

15.6 ELEVATÓRIA DE RECICLO

15.6.1 Bomba centrífuga c/ acessórios

Será fornecido e instalado um conjunto motobomba, com todos os seus acessórios de montagem.

Será um grupo motor-bomba auto-escorvante, execução mancalizada , com 1.1/2" , sucção e recalque , com motor elétrico , trifásico , 220 / 380 Volts , 60 HZ , IP-21 , 1,0 CV , 3500 rpm, Q = 7,79 m³/h e AMT = 5 mca.

A medição e o pagamento serão por unidade (un) fornecida.

A instalação do equipamento será paga à parte, em item específico.

15.7 CASA DE PREPARO E ARMAZENAMENTO DE PRODUTOS QUÍMICOS

15.7.1 Sistema de desinfecção

Conforme assinalado no projeto, a desinfecção dar-se-á pela aplicação de 40 (quarenta) pastilhas de cloro de 50 g por dia, com capacidade de dissolução de 10 a 14 g por hora, apostas em 2 (dois) dosadores, previstos na câmara de contato. São dosadores de pastilhas de cloro, por gravidade, não pressurizado, providos de um sistema tipo “by-pass”, uma câmara de dissolução de pastilhas, registro de ajuste de vazão de água que passa pela câmara de dissolução, tubo armazenador de pastilhas com capacidade para 2 Kg de pastilha de 50 g, expansível até 4 Kg, com adaptação de acessório opcional, providos de rosca para ajuste de dosagem de cloro, moldados em PVC, com tubulação de entrada e saída de 50 mm em PVC soldável.

15.7.2 Bacia de contenção para tanque principal de armazenamento de cloreto férrico em solução

A CONTRATADA executará uma bacia de contenção em concreto impermeável, revestido internamente em PRFV, que deverá ser construída ao redor do tanque principal de armazenamento de cloreto férrico com capacidade para conter todo o volume útil do tanque principal de armazenamento de cloreto férrico em solução, mais capacidade de conter um volume adicional de 50 % em relação ao volume útil do tanque.

Volume mínimo da bacia de contenção = 15.000 L

15.7.3 Sistema de abastecimento e dosagem de cloreto férrico em solução

O sistema abastecimento e dosagem de cloreto férrico em solução será composto de: um tanque principal de cloreto férrico com medição de nível baixo para alarme; um tanque pulmão fixo; bombas de aplicação de solução de cloreto férrico; indicador/controlador de dosagem; e quadro elétrico de comando dedicado.

15.7.4 Tanque principal de armazenamento de cloreto férrico em solução

O tanque Principal para armazenamento de cloreto férrico deverá possuir as seguintes características:

- Volume útil mínimo: 10.000 litros.
- Forma: Cilíndrico Vertical.
- Fundo: Plano.
- Dimensões (mínimas): DN 2.200, Altura 3.370 mm.
- Tampa: circular plana.
- Material: PRFV com inibidor UV.
- Pressão de operação: Atmosférica.
- Densidade (resistência): igual ou maior que 1,5.
- Concentração de trabalho: 35% a 38% (m/m).
- Flange de entrada: 4".
- Flange de saída: 4".
- Flange de dreno: 4".
- Respiro: 4".
- Boca de inspeção: 20".
- Outros acessórios inclusos:
 - . Duas alças de içamento;
 - . Escala volumétrica no costado;
 - . Um anel de ancoramento.

15.7.5 Tanque pulmão de armazenamento de cloreto férrico em solução

Um tanque pulmão deverá receber, do tanque principal, a solução de cloreto férrico por gravidade. Este tanque pulmão deverá apresentar as seguintes características:

- Volume útil mínimo: 1.000 litros.

- Forma: circular.
- Dimensões: DN 1,00 m..
- Tampa: Rosqueada de 6".
- Respiro: Saída para atmosfera.
- Material: PRFV, PVDF ou PEAD.
- Pressão de Operação: Atmosférica.
- Densidade (resistência): igual ou maior que 1,5.
- Concentração de trabalho: 35% a 38% (m/m).
- Conexão: de fundo com válvula de esfera.
- Outros acessórios inclusos:
 - . Estrutura em aço com pintura em eletrostática epóxi;
 - . Bóia de nível constata com alarme de nível baixo no Quadro Elétrico de Comando.

15.7.6 Sistema de dosagem de cloreto férrico

Um sistema de dosagem de cloreto férrico montado em skid será instalado na casa de química, com a função de dosar cloreto férrico conforme determinação de operação. O sistema compreende um skid em aço inoxidável, onde os componentes serão montados; um Quadro Elétrico de Comando; um calibrador para as bombas dosadoras; duas bombas dosadoras (uma redundante); e um indicador/controlador de dosagem das bombas.

- Calibrador

Um calibrador para calibração das bombas dosadoras deverá ser fornecido, conforme segue:

- Tipo: calibração/aferição da vazão das bombas dosadoras, com balão pulmão superior para evitar transbordamento.
- Construção: vidro borosilicato com tampa.
- Marcação: 0-1000 ml (inversa).

- Instalação: manifold das tubulações no skid.

- Bombas dosadoras para aplicação de cloreto férrico em solução

Duas bombas dosadoras de cloreto férrico em solução, na concentração de aplicação entre 35 – 38% (m/m) serão instaladas no “skid”, uma bomba redundante no modo espera.

Como paradigma adotou-se duas bombas eletromagnéticas de diafragma, marca LMI Milton Roy (adotada como paradigma), uma operativa e outra de reserva, vazão de 30 L/h, pressão 2 bar, modelo C133-318TI, acionamento eletromagnético, monofásica 220 V, estabilizada 60 Hz, IP 65, cabeçote em PVC, esferas em cerâmica, diafragma em fluorofilme, válvula de 3 FV (dreno, alívio de linha e escorva), válvula de injeção, válvula de pé, 3 m de mangueira flexível de PE, com 0,5” OD, com controle manual de speed e stroke.

15.7.7 Indicador/Controlador de dosagem

Um indicador/controlador estará montado no QEC do “skid”. O indicador tem a função de comandar a dosagem da(s) bomba(s) através da simples alteração do valor de dosagem em mg/l ou kg/h diretamente no indicador. Deste modo facilita-se o trabalho de ajuste de dosagens do sistema, simplesmente, configurando-se a dosagem de cloreto férrico a 35-38% (m/m) diretamente no indicador/controlador de dosagens. O indicador possui as seguintes especificações.

- Display: Cristal Líquido alfa-numérico colorido com caracteres grandes de fácil leitura.

- Programação: através de quatro botões frontais de ajuste.

- Ajuste de dosagem: pode ser realizada diretamente no indicador através da entrada de dosagem em mg/L ou Kg/h. Após ajuste de dosagem as bombas automaticamente ajustam seus cursos de dosagem para adequar-se a configuração de dosagem especificada no indicador/controlador.

15.7.8 Quadro elétrico de comando (QEC)

Um QEC será montado no “skid” de aço inoxidável com a função de visualização rápida das condições operacionais do sistema, bem como, do modo de funcionamento (Man/0/Aut). Os seguintes componentes/especificações fazem parte do escopo do QEC:

- Sinaleiras indicativas de funcionamento das bombas dosadoras, falta de fase, sobre carga, nível baixo no tanque principal de armazenamento de cloreto férrico;
- Ativação de alarme auditivo e visual de nível baixo no tanque principal de armazenamento de cloreto férrico;
- Botão seletor para os modos Man/0 (desligado)/Aut;
- Botão silencia alarme auditivo;
- Botão de teste de lâmpadas.

15.8 LEITOS DE SECAGEM

15.8.1 Fundo drenante dos leitos de secagem

A CONTRATADA deverá fornecer os materiais e executar o fundo drenante dos leitos de secagem, conforme Projeto Hidráulico, onde estão definidas suas localizações, dimensões e detalhes construtivos.

Os leitos de secagem terão um dreno central, no sentido longitudinal, onde serão apostas as camadas filtrante/drenante. Sobre a camada filtrante serão assentados os tijolos maciços, dispostos conforme detalhe em planta. A camada filtrante será constituída de areia média e terá espessura de 0,10 m. Sob a camada filtrante localiza-se a camada drenante, que será constituída de brita nº 1 e nº 3 com uma espessura de 0,10 m e 0,20 m, respectivamente. A camada drenante envolverá tubulação de PVC DN 150 perfurado, que retirará o líquido a drenar.

- Fornecimento de areia média, granulometria 0,43 a 2,0mm. = 96,00 m³
- Fornecimento de brita nº 1, granulometria 4,80 a 12,5mm = 48,00 m³
- Fornecimento de brita nº 3, granulometria 25 a 50mm = 48,00 m³

- Fornecimento de tijolo maciços 10x20x5cm =16.000,00 pç

A medição e o pagamento serão feitos separadamente para cada item que compõe os leitos, estando incluído no preço, o fornecimento de todos os materiais, exceto tubos e peças de PVC (somente sua instalação e montagem) e a execução completa do fundo drenante dos leitos de secagem, bem como todas as despesas com pessoal (incluindo encargos sociais), materiais complementares, acessórios, ferramentas, equipamentos, carga, transporte descarga e qualquer tipo de locação de equipamentos e máquinas e seus fretes, bem como toda a mão de obra necessária e suficiente para a plena execução dos serviços.

15.8.2 Stop-log de fibra de vidro

Stop-logs de fibra de vidro, com espessura de 18 mm, encaixados em guias de perfis “U” de 50 × 60 mm em aço inóx, previamente embutidos nas paredes de concreto, conforme projeto, onde estão definidas suas localizações, dimensões dos “stop-logs” e detalhes construtivos.

A medição e o pagamento serão por unidade (un) fornecida.

A instalação do equipamento será paga à parte, em item específico.

15.9 ESPECIFICAÇÃO DE MATERIAIS

Os materiais serão fornecidos conforme a relação dos quadros de peças do Projeto Hidráulico-Mecânico, nos quais terão suas finalidades e localizações definidas, sendo que os materiais deverão obedecer ao item “ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DOS MATERIAIS”, contido nestas Especificações, orientações da FISCALIZAÇÃO da COMUSA, bem como as instruções e especificações dos fabricantes, normas da ABNT e outras aplicáveis, em suas últimas versões.

Antes da aquisição dos materiais, a CONTRATADA solicitará por escrito à FISCALIZAÇÃO, aprovação das especificações de fornecimento e autorização de compra dos mesmos.

A medição e o pagamento serão pelos materiais efetivamente fornecidos pela CONTRATADA, estando incluídas no preço, todas as despesas com pessoal (inclusive encargos sociais), materiais, equipamentos, carga, transporte, descarga e qualquer tipo de locação de equipamentos e máquinas e seus fretes, bem como toda a mão de obra necessária e suficiente para o pleno fornecimento.

15.9.1 Materiais em Ferro Fundido

- Tubos de ferro fundido

Os tubos de ferro fundido dúctil centrifugado empregados deverão atender à classe de pressão K-9 para tubos com junta do tipo ponta e bolsa, também denominada de junta elástica, pressão nominal PN 10.

Todos os tubos de ferro fundido deverão apresentar identificação do fabricante, classe e tipo de material. Deverão ser revestidos internamente com uma camada de argamassa de cimento aluminoso (aplicada por centrifugação), conforme norma NBR 8682 e, externamente, com uma pintura betuminosa anticorrosiva, preferencialmente com camada de zinco metálico, segundo a norma NBR 11827, e pintura Epóxi com espessura mínima de 120 microns.

Os tubos deverão ser fabricados, transportados e estocados conforme o indicado nas Normas Técnicas Brasileiras NBR-7663 (EB-303) e normas complementares NBR-6152, NBR-6394, NBR-7561.

As conexões e peças especiais deverão atender as Normas Técnicas Brasileiras NBR-7675 (EB-1324) NBR-7677 e Normas Complementares.

Os anéis de borracha para junta elástica deverão ser fabricados, ensaiados e fornecidos segundo as Normas Técnicas Brasileiras NBR-7676 (EB-1326), NBR-7674 e Normas Complementares.

Deverão estar de acordo também com a norma NBR 15420/2006 – Tubos, conexões e acessórios de ferro dúctil para canalizações de esgoto – Requisitos.

- Válvula de Retenção Portinhola Dupla

Válvula de retenção tipo portinhola dupla, classe PN 10, padrão construtivo Face a Face DIN 3232, corpo, tampa e portinhola em ferro fundido dúctil, conforme norma NBR

6916 - Ferro fundido nodular ou ferro fundido com grafita esferoidal CLASSE 42012, eixo do disco e pino limitador em aço inoxidável ASTM A 276 Gr. 410 (AISI 304) e vedação Buna N, revestimento em pintura betuminosa.

Extremidades flangeadas conforme norma NBR 7675 - Conexões de ferro fundido dúctil (ISO 2531) PN 16.

- Registros de Gaveta com flanges e cunha de borracha

Válvula de gaveta com cunha revestida de borracha, padrão construtivo conforme Norma NBR 14968:2003. Composto de cunha maciça em Ferro Fundido Dúctil - NBR 6916 CL 42012 revestida integralmente (incluindo toda a passagem da haste) com elastômero EPDM.

Operação suave e vedação elastômero-metal no final do fechamento. Corpo e tampa confeccionados em Ferro Fundido Dúctil - NBR 6916 CL 42012, classe de pressão 1,6 MPa.

Revestimento interno e externo em epóxi pó depositado eletrostaticamente com espessura mínima 250 micra, padrão de cor vermelha, comprovadamente compatível com o uso em esgoto sanitário. Passagem plena, sem obstruções pela cunha nem apresentando cavidades de encunhamento. Junta corpo chapéu confeccionada em EPDM. Haste de manobra inteiriça (feita em peça única), tipo não ascendente confeccionada em aço inox ABNT 420, sem rebaixos para alojamento de anéis de vedação. Porca de manobra independente da cunha, removível, confeccionada em latão, com no máximo 5% de chumbo. Anel retentor de poeira instalado acima dos dispositivos de vedação da haste. Vedação da haste com 2 anéis toroidais (o-rings) alojados na bucha de vedação confeccionada em latão com, no máximo, 5% de chumbo. Sistema de contra-vedação confeccionados em material plástico, permitindo a troca dos elementos de vedação da haste, com a rede em carga, com a pressão de serviço mínima de 1Kgf/cm². A Fixação da tampa ao corpo sem parafusos do tipo auto-clave. Acionamento por cabeçote. Extremidades com flanges, gabarito de furação de acordo com a norma NBR 7675 PN 10 ou PN 16, face a face curto, conforme norma ISO 5752 série 14.

15.9.2 Tubos e conexões de PVC

-Tubos e conexões de PVC DEFoFo

Serão tubos e conexões do tipo MPVC JEI, para condução de água ou esgoto à temperatura de 20° C a 1MPa (100 mca) para execução de sistemas de recalque, intercambiáveis com ferro fundido, matéria prima PVC sigma 12 com composto modificador de, cor azul, junta elástica integrada (anel não removível) manualmente, fabricado de borracha EPDM (Estireno Butadieno), classe de rigidez de 16000 Pa. Normas de Referência ABNT NBR – 7665/2007 – Sistemas para adução e distribuição de água – Tubos de PVC 12 DEFoFo com junta elástica – Requisitos de Instalação: ABNT NBR 9822 – Execução de tubulações de PVC Rígido para adutoras e redes.

15.9.3 Tubos em PVC para Esgoto

Os tubos e conexões em PVC serão fabricados de acordo com as normas a seguir:

O material dos tubos e conexões será em PVC com junta elástica e de acordo com normas da ABNT NBR 7362, NBR 7369, 7370 e 10569;

Os anéis de borracha serão de acordo com a norma NBR 9051 - Anel de borracha para tubulações de PVC rígido coletores de esgoto sanitário.

15.9.4 Tubos e Conexões em PVC para Água Potável

Os tubos e conexões em PVC com junta elástica, para água potável, serão fabricados conforme a norma da ABNT NBR 5647;

15.9.5 Tubos e conexões de aço

- TUBOS EM AÇO CARBONO

Os tubos de aço carbono ASTM A 36, ASTM 283 GR C, ASTM 570 GR 45, ou de outros tipos, desde que comprovadamente equivalentes tendo as espessuras das chapas condicionadas as exigências estruturais, considerando a Tabela II desta especificação. Os tubos de aços-carbono com flanges ou com pontas lisas deverão ser submetidos a exame visual, verificação dimensional e ensaio hidrostático conforme a NBR 9797.

O comprimento “L” dos tubos fornecidos será especificado previamente na ordem de compra, dos quantitativos constantes na relação de peças, sempre cuidando a simetria no corte e acabamento sem respingos e rebarbas de usinagem, que sofrerá aceite condicionado a inspeção de recebimento.

O pagamento será por metro de tubo fornecido.

- CONEXÕES EM AÇO CARBONO

As conexões de aço carbono ASTM A 36, ASTM 283 GR C, ASTM 570 GR 45, ou equivalentes, desde que comprovadamente equivalentes tendo as espessuras das chapas condicionadas as exigências estruturais, considerando a tabela II desta especificação para sua espessura. As dimensões das conexões serão as indicadas nas peças gráficas.

As conexões de aço carbono deverão ser submetidas a exame visual, verificação dimensional e ensaio hidrostático conforme a NBR 9797, sempre cuidando a simetria da peça e acabamento sem respingos e rebarbas de usinagem, o aceite estará condicionado a inspeção de recebimento.

O pagamento será por peça fornecida.

- FLANGES

Os flanges de aço carbono serão ASTM A 36, ASTM 283 GR C, ASTM 570 GR 45 na classe de pressão PN 10 e as dimensões e furações dos flanges deverão ser compatíveis com as dimensões especificadas na NBR 7560, considerando a Tabela I desta especificação para sua espessura e de acordo com as especificações apresentadas nos desenhos, e a classe de pressão correspondente.

Os flanges de aço-carbono deverão ser submetidos a exame visual, verificação dimensional e ensaio hidrostático conforme a NBR 9797, sempre cuidando a simetria da peça, e, o aceite estará condicionado a inspeção de recebimento.

O pagamento será por peça fornecida. As dimensões das peças são as indicadas nas peças gráficas.

- SOLDA

A solda, conforme Tabela III, adiante inserida, corresponde em unir uma peça em uma extremidade previamente solicitada na ordem de compra. A soldagem deverá ser realizada com máquina MIG com eletrodo compatível para a união das duas peças.

O cordão de solda deverá ser formado no mínimo por 4 passes: um passe de base, um de enchimento, um de cobertura e um lado oposto “interno”. Os quantitativos serão medidos por metro de solda, especificados na ordem de compra.

O acabamento da solda sofrerá inspeção de recebimento, devendo a mesma vir sem respingos de solda e rebarbas de usinagem.

O processo de soldagem deverá ser Certificado pelos agentes técnicos capacitados, e executado dentro das Especificações ASME seção IX.

Materiais: Deverão ter Certificados de Qualidade Técnica de composição e características, fornecido pela siderúrgica e distribuidor, acompanhado de cópia autenticada da Nota Fiscal de aquisição dos mesmos, com documento de apresentação e responsabilidade firmado pela própria Empresa fabricante dos itens.

Soldadores: Os profissionais que executarão as soldas deverão apresentar além da perfeita habilidade e conhecimentos técnicos, certificado de qualificação dos soldadores conforme ASME seção IX. A Empresa fará a apresentação de cópia autenticada dos certificados e relatório firmado dos profissionais executantes dos serviços com respectivo cronograma de execução.

Normas Técnicas Aplicadas: A construção dos itens deverá obedecer à norma ASME ANSI B16.5-150 - ANBT-NBR.

Espessura de materiais: Deverá ser calculada conforme os esforços e cargas em questão, podendo ser inferior a ASME, contanto que assegure a resistência necessária. Obs.: Não pode ser usado o processo de sobreposição de chapas nas linhas de soldagem, mas tão somente a união de chapas, plana, “solda de topo”.

Acabamento de superfícies: Todas as linhas de soldagem deverão ser chapeadas, para perfeita correção de deformações existentes, com alívio das tensões resultantes das contrações e dilatações das soldas.

- PINTURA E ACABAMENTO DAS PEÇAS

Todas as conexões e peças constantes neste edital deverão sofrer limpeza por jateamento abrasivo ao metal quase branco conforme o padrão visual SA 2½ (Norma Sueca SIS 05 5900) e pintura imediata (“holding primer” de montagem) com uma demão de tinta a base de epoxi poliamida, com espessura de 40 µm de película seca.

Na superfície interna das conexões deverão ser aplicadas quatro demãos de tinta a base de resina epoxídica curada com poliamina ou poliamida com espessura de película seca de 80 µm por demão. Deverão ser utilizadas cores alternadas em cada demão a fim de facilitar a aplicação e fiscalização, tomando-se o cuidado de aplicar a cor branca na última demão.

Na superfície externa das conexões deverão ser aplicadas três demãos de tinta a base de alcatrão de hulha com espessura de película seca de 90µm por demão, observando-se a utilização de cores alternadas em cada demão a fim de facilitar a aplicação e fiscalização. Sendo a última camada definida conforme utilização do fluido bombeado Tabela IV.

Tubos	Espessura mínima do flange PN 10 em mm (b)	Espessura mínima do flange PN 16 em mm (b)	Espessura mínima do flange PN 25 em mm (b)
DN 50	16,0 ^{±2,8}	16,0 ^{±2,8}	16,0 ^{±2,8}
DN 100	16,0 ^{±2,8}	16,0 ^{±2,8}	16,0 ^{±2,8}

Obs. As demais dimensões, conforme NBR 7560

TABELA II – Espessura da Chapa dos Tubos e Conexões

Tubo / conexão	Espessura mínima (mm)
DN 50	6,35
DN 100	6,35

TABELA III – Solda em Tubos ou Flanges

Solda	Quantidade	(mm)
DN 50	1	157
DN 100	1	314

15.9.6 Tubos e conexões em aço inox

Os tubos, conexões e equipamentos em aço inox 304 deverão ser fabricados e inspecionados segundo a norma NBR 5601 de 1981 “Aços Inoxidáveis – Classificação por composição Química”. Os tubos deverão ser fabricados e inspecionados segundo a norma NBR 7543 “Tubos sem e com costura de aço inoxidável austenítico, para condução”.

Serão soldados no canteiro de Obras segundo norma.

15.9.7 Válvulas Borboleta com flanges com atuador mecânico e volante e com atuador elétrico

Válvula borboleta com flanges, para emprego em esgoto sanitário. Construção de acordo com a Norma ISO 5752 série F13 (curta), furação dos flanges de acordo com a Norma ABNT NBR 7675 PN 10, corpo e disco em ferro fundido dúctil NBR 6916 classe 42012, sede e vedação do corpo em aço inoxidável ASTM A 240, tipo 304 (AISI 304), junta de vedação de 360° contínua de borracha sintética Buna N fixada ao disco por anel de aperto em ferro nodular e parafusos em aço inoxidável 18.8 (AISI 304), permitindo substituição e ajustagem sem que sejam removidos os eixos do disco, mancais de escorregamento de teflon reforçado com bronze, para rotação dos eixos e apoio do disco, engaxamento em borracha sintética Buna N.

15.9.8 Atuador manual de engrenagem com volante

Atuador para acionamento manual tipo coroa sem fim, com acoplamento de volante e com possibilidade de automação futura. Corpo em Ferro dúctil NBR 6916 classe 42012. Revestido com esmalte acrílico de alto brilho na cor azul.

15.9.9 Volante

Volante em ferro fundido dúctil NBR 6916 classe 42012 utilizado para acionamento direto e indireto de válvulas borboleta. Revestido com esmalte acrílico de alto brilho na cor azul.

15.9.10 Atuador Elétrico

Constituído de redutor composto por um sistema de transmissão do tipo “sem fim e coroa” com características autoblocante, incluindo volante para o acionamento manual e indicador mecânico de posição com visor externo com vidro de proteção, com as seguintes características:

- frequência nominal: 60 Hz
- tipo de partida: chave reversora externa
- tensão nominal: 220/380 V

O motor elétrico deverá ser trifásico, regime de operação S4, grau de proteção mínima IP-54, classe de isolamento “F”, mancais com enrolamentos de esfera, fator de serviço 1,1.

A unidade de acoplamento entre o atuador elétrico e a válvula deverá seguir a norma ISO-5211 (F05-F07).

O atuador elétrico deverá ser equipado com chave de posição formada por quatro discos/cames ou “camblocks” de grande diâmetro superpostos, instalados no compartimento interno do acionamento, movimentada pelo sistema de transmissão do atuador, com ajustes independentes das micro-chaves correspondentes às posições: totalmente aberta e totalmente fechada.

Também deverá ser equipado com chave de torque sensível aos esforços mecânicos excessivos do eixo do obturador da válvula (calibrada previamente na fábrica) para acionamento de duas microchaves correspondentes ao sentido de abertura e fechamento da válvula. Esta chave de torque se aplica somente a atuadores elétricos com torque de trabalho acima de 150Nm ou bitolas acima de DN 10.

Quando solicitado deverá ser fornecido com unidade de interfaceamento inteligente através de um concentrador eletrônico de controle para interligação em rede com o CLP através de meio físico – par trançado ou fibra ótica.

Esse interfaceamento eletrônico deverá monitorar basicamente as seguintes funções:

- posição da válvula: aberta/fechada
- alarme de torque: abertura/fechamento
- comando a distância: abrir/fechar a válvula
- alarmes: sobreaquecimento do motor

Revestido com esmalte acrílico de alto brilho na cor azul.

15.9.11 Instalação de equipamentos e materiais da ETE

A CONTRATADA deverá montar e instalar os equipamentos e materiais por ela fornecidos ou não, com todos os acessórios necessários à montagem.

Os serviços serão executados devendo ser observadas, além destas especificações, as instruções dos fabricantes, normas da ABNT e outras aplicáveis, em suas últimas versões, bem como as orientações da FISCALIZAÇÃO da COMUSA e conforme Projeto Hidráulico-Mecânico.

A medição e o pagamento serão feitos com base nas seguintes composições,

estando incluídos no preço, a montagem e/ou instalação completa dos materiais, bem como as despesas com pessoal, (incluindo encargos sociais), materiais complementares de instalação, ferramentas de montagem, equipamentos e máquinas e seus fretes, bem como toda a mão-de-obra necessária e suficiente para a plena execução dos serviços.

- MÃO DE OBRA PARA INSTALAÇÃO DE EQUIPAMENTOS MECÂNICOS
- MÃO DE OBRA PARA INSTALAÇÃO DE TUBOS E EQUIPAMENTOS EM AÇO
- MÃO DE OBRA PARA INSTALAÇÃO DE TUBOS E PEÇAS EM PVC

- MÃO DE OBRA PARA INSTALAÇÃO DE VÁLVULAS E REGISTROS
- MÃO DE OBRA PARA INSTALAÇÃO DE TUBOS E PEÇAS EM FERRO FUNDIDO
- MÃO DE OBRA PARA INSTALAÇÃO DE EQUIPAMENTOS EM AÇO
- MÃO DE OBRA PARA INSTALAÇÃO DE STOP LOGS