

CONTRATO 094/15  
AS N°072

*MUNICÍPIO DE VILA VELHA*

**MELHORIA DO SISTEMA DE  
ESGOTAMENTO SANITÁRIO  
DE UNIDADES PRISIONAIS**

**VOLUME III – PROJETO  
HIDRÁULICO  
TOMO A – COMPLEXO  
PENITENCIÁRIO XURI**

**MEMORIAL DESCRITIVO, DE  
CÁLCULO E DE  
ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS**

C-050-000-90-5-MD-000 I

Cliente:

**CESAN**  
**COMPANHIA ESPIRITO SANTENSE DE SANEAMENTO**

Codificação ENGESOLO:

**SA\_PR064\_15\_RE\_23\_072\_001\_A**

Codificação CESAN:

**C-050-000-90-5-MD-0001**

Revisão:

**00**

Data de Emissão:

**OUTUBRO/18**

**SERVIÇOS DE CONSULTORIA PARA ELABORAÇÃO E/OU ESTUDOS DE  
CONCEPÇÃO E PROJETOS TÉCNICOS EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE  
ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO NA GRANDE VITÓRIA E NO INTERIOR DO  
ESTADO DO ESPÍRITO SANTO**

**AS 072 – MELHORIA DO SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DE  
UNIDADES PRISIONAIS**

**VOLUME 3 - PROJETO HIDRÁULICO**

**TOMO A**

**MEMORIAL DESCRITIVO, DE CÁLCULO E DE ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS**

Emitido por:

**Engesolo Engenharia Ltda.**

Local:

**Vitória – ES**

## **APRESENTAÇÃO**

O presente trabalho é parte integrante do Contrato nº. 094/2015, firmado entre a CESAN – Companhia Espírito Santense de Saneamento e a Engesolo Engenharia Ltda., referente à prestação de serviços de consultoria para elaboração e/ou estudos de Concepção, Projetos Técnicos, em Sistemas de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário na Grande Vitória e no Interior do Estado do Espírito Santo.

Os serviços foram desenvolvidos em consonância com a Autorização de Serviço Nº072/094/2015 para Melhoria dos Sistemas de Esgotamento Sanitário empregados nas unidades prisionais no estado do Espírito Santo, nos municípios atendidos pela CESAN: Levantamento das condições atuais de coleta e tratamento de esgoto existentes nas unidades prisionais, com diagnóstico geral e proposta de alternativas para atendimento destas unidades pela CESAN.

O projeto é composto dos seguintes documentos:

### **VOLUME I – ESTUDO DE DIAGNÓSTICO**

### **VOLUME II – ESTUDO DE CONCEPÇÃO**

### **VOLUME III – PROJETO HIDRÁULICO**

- TOMO A – Memorial Descritivo, de Cálculo e Especificações Técnicas;
- TOMO B – Estação de Tratamento de Esgoto e Emissário (Desenhos);
- TOMO C – Elevatória de Esgoto Bruto e Recalques (Desenhos);
- TOMO D – Rede Coletora (Desenhos);
- TOMO E – Síntese e Planta Geral;

### **VOLUME IV – PROJETO ESTRUTURAL**

- TOMO A – Memorial Descritivo, de Cálculo e Especificações Técnicas;
- TOMO B – Estação de Tratamento de Esgoto (Desenhos);
- TOMO C – Elevatória de Esgoto Bruto (Desenhos);
- TOMO D – Recalques (Desenhos);

### **VOLUME V – PROJETO ELÉTRICO**

- TOMO A – Memorial Descritivo, de Cálculo e Especificações Técnicas;
- TOMO B – Estação de Tratamento de Esgoto (Desenhos);
- TOMO C – Elevatória de Esgoto Bruto (Desenhos);

### **VOLUME VI – ORÇAMENTO**



#### **ENGESOLO ENGENHARIA LTDA.**

Rua Alcobaça, 1.210 - Bairro São Francisco - CEP: 31.255-210  
Belo Horizonte-MG - Tel.: (31) 2103-4300 - Fax.: (31) 2103-4399  
E-mail: engesolo@engesolo.com.br - www.engesolo.com.br

**SUMÁRIO**

|                                                                  |           |
|------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO .....</b>                                       | <b>9</b>  |
| <b>2. ÁREA DE PROJETO .....</b>                                  | <b>10</b> |
| <b>3. SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO EXISTENTE.....</b>        | <b>11</b> |
| 3.1. SISTEMA DE REUSO EXISTENTE.....                             | 15        |
| <b>4. DADOS E PARÂMETROS DE PROJETO .....</b>                    | <b>16</b> |
| 4.1. NORMAS TÉCNICAS .....                                       | 16        |
| 4.2. CAPACIDADE DO COMPLEXO PENITENCIÁRIO XURI .....             | 16        |
| 4.3. VAZÃO DE PROJETO.....                                       | 17        |
| 4.3.1. Consumo Per Capita de Água.....                           | 17        |
| 4.3.2. Coeficiente de Retorno (C) .....                          | 18        |
| 4.3.3. Coeficiente de Variação de Vazão (K) .....                | 18        |
| 4.3.4. Comprimento da Rede Coletora.....                         | 18        |
| 4.3.5. Cálculo da Demanda .....                                  | 19        |
| 4.4. REUSO DO EFLUENTE TRATADO EM BACIAS SANITÁRIAS.....         | 20        |
| <b>5. SISTEMA PROPOSTO .....</b>                                 | <b>22</b> |
| <b>6. REDE COLETORA .....</b>                                    | <b>23</b> |
| 6.1. CÁLCULO DA REDE COLETORA .....                              | 24        |
| 6.2. DADOS DA REDE COLETORA DE ESGOTOS.....                      | 25        |
| <b>7. ELEVATÓRIAS DE ESGOTO BRUTO E LINHAS DE RECALQUE .....</b> | <b>27</b> |
| 7.1. CRITÉRIOS DE PROJETO .....                                  | 27        |
| 7.1.1. Cálculo do Diâmetro das Linhas de Recalque.....           | 28        |
| 7.1.2. Cálculo Das Perdas Distribuídas E Localizadas.....        | 28        |
| 7.1.3. Dimensionamento do Poço de Sucção .....                   | 29        |
| 7.2. ESTAÇÃO ELEVATÓRIA EEB 1 E LINHA DE RECALQUE LR 1.....      | 31        |
| 7.2.1. Gradeamento e Caixa de Areia.....                         | 32        |
| 7.2.2. Poço de Sucção.....                                       | 33        |
| 7.2.3. Linha de recalque LR-EEB 1.....                           | 35        |
| 7.2.4. Cálculo das Perdas Distribuídas e Localizadas.....        | 35        |
| 7.3. ESTAÇÃO ELEVATÓRIA EEB 2 E LINHA DE RECALQUE LR 2.....      | 39        |
| 7.3.1. Gradeamento e Caixa de Areia.....                         | 40        |
| 7.3.2. Poço de Sucção.....                                       | 41        |
| 7.3.3. Linha de recalque LR-EEB 1.....                           | 43        |
| 7.4. ESTAÇÃO ELEVATÓRIA EEB 3 E LINHA DE RECALQUE LR 3.....      | 46        |
| 7.4.1. Gradeamento e Caixa de Areia.....                         | 48        |

|           |                                                                   |           |
|-----------|-------------------------------------------------------------------|-----------|
| 7.4.2.    | Poço de Sucção.....                                               | 48        |
| 7.4.3.    | Linha de recalque LR-EEB 3.....                                   | 50        |
| <b>8.</b> | <b>ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS.....</b>                      | <b>54</b> |
| 8.1.      | QUALIDADE DO ESGOTO AFLUENTE À ETE .....                          | 55        |
| 8.2.      | PRÉ-TRATAMENTO .....                                              | 55        |
| 8.2.1.    | Gradeamento.....                                                  | 55        |
| 8.2.2.    | Desarenador .....                                                 | 55        |
| 8.2.3.    | Caixa de Gordura.....                                             | 56        |
| 8.3.      | ELEVATÓRIA ESGOTO BRUTO E RECIRCULAÇÃO .....                      | 56        |
| 8.4.      | TRATAMENTO SECUNDÁRIO .....                                       | 56        |
| 8.4.1.    | Reator Anaeróbio de Manta de Lodo e Fluxo Ascendente (UASB) ..... | 56        |
| 8.4.2.    | BioFiltro Aerado Submerso (BF) .....                              | 57        |
| 8.4.3.    | Decantador Secundário .....                                       | 58        |
| 8.5.      | ELEVATÓRIA DO EFLUENTE TRATADO.....                               | 58        |
| 8.6.      | DESINFECÇÃO DO EFLUENTE TRATADO PARA REUSO .....                  | 58        |
| 8.7.      | TRATAMENTO DO BIOGÁS.....                                         | 59        |
| 8.8.      | DESIDRATAÇÃO E ESTABILIZAÇÃO DO LODO DE DESCARTE.....             | 59        |
| <b>9.</b> | <b>DIMENSIONAMENTO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS .....</b>  | <b>60</b> |
| 9.1.      | GRADEAMENTO .....                                                 | 60        |
| 9.2.      | CAIXA DE AREIA .....                                              | 64        |
| 9.3.      | CALHA PARSHALL.....                                               | 66        |
| 9.4.      | CAIXA DE GORDURA .....                                            | 66        |
| 9.5.      | ELEVATÓRIA DE ESGOTO BRUTO E RECIRCULAÇÃO.....                    | 68        |
| 9.5.1.    | Poço de Sucção.....                                               | 68        |
| 9.5.2.    | Linha de recalque LR-EEB ESGOTO BRUTO E RECIRCULAÇÃO .....        | 69        |
| 9.5.3.    | Cálculo das Perdas Distribuídas e Localizadas.....                | 70        |
| 9.6.      | BIOFILTRO PARA TRATAMENTO DE GASES.....                           | 74        |
| 9.7.      | TRATAMENTO SECUNDÁRIO .....                                       | 75        |
| 9.8.      | ELEVATÓRIA DO EFLUENTE TRATADO .....                              | 76        |
| 9.8.1.    | Poço de Sucção.....                                               | 76        |
| 9.8.2.    | Linha de recalque LR-EMISSÁRIO – TRECHO CONDUTO FORÇADO .....     | 78        |
| 9.8.3.    | Estudo do transiente hidráulico do recalque do emissário.....     | 82        |
| 9.8.4.    | Trecho por conduto livre – emissário por gravidade.....           | 85        |
| 9.8.5.    | DESCARGAS E VENTOSAS.....                                         | 87        |
| 9.9.      | LEITOS DE SECAGEM.....                                            | 88        |

|            |                                                                                            |            |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 9.10.      | CASA DE SOPRADORES .....                                                                   | 90         |
| 9.11.      | SISTEMA DE REUSO .....                                                                     | 90         |
| 9.11.1.    | Consumo médio de cloro .....                                                               | 90         |
| 9.11.2.    | Filtração.....                                                                             | 91         |
| 9.11.3.    | Tanque de cloração .....                                                                   | 92         |
| 9.11.4.    | Sistema de armazenamento de água de reuso.....                                             | 93         |
| 9.11.5.    | Sistema de distribuição da água de reuso – Rede Distribuição.....                          | 94         |
| 9.11.6.    | Sistema de bombeamento e reservatório da Unidade do Complexo III ...                       | 96         |
| 9.11.7.    | Sistema de bombeamento e reservatório da Unidade do Complexo IV ..                         | 97         |
| 9.11.8.    | Sistema de bombeamento e reservatório da Unidade Nova .....                                | 98         |
| <b>10.</b> | <b>MANUAL DE OPERAÇÃO .....</b>                                                            | <b>100</b> |
| 10.1.      | COMENTÁRIOS INICIAIS.....                                                                  | 100        |
| 10.2.      | OPERACÕES E CALIBRAÇÃO DE INSTRUMENTOS PARA PARTIDA DOS EQUIPAMENTOS.....                  | 100        |
| 10.3.      | PROCEDIMENTOS PRÉVIOS PARA COLOCAÇÃO EM OPERAÇÃO .....                                     | 102        |
| 10.4.      | PRÉ-TRATAMENTO DA ESTAÇÃO.....                                                             | 102        |
| 10.4.1.    | Grade de Limpeza Manual.....                                                               | 103        |
| 10.4.2.    | Caixa de Areia .....                                                                       | 103        |
| 10.4.3.    | Caixa de Gordura .....                                                                     | 103        |
| 10.4.4.    | Sistema de Desodorização .....                                                             | 103        |
| 10.5.      | TRATAMENTO SECUNDÁRIO .....                                                                | 104        |
| 10.5.1.    | Elevatória de Recirculação .....                                                           | 104        |
| 10.5.2.    | Reator UASB, BF e DS.....                                                                  | 104        |
| 10.6.      | TRATAMENTO DE LODO.....                                                                    | 105        |
| 10.6.1.    | Leito de Secagem.....                                                                      | 105        |
| <b>11.</b> | <b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE EQUIPAMENTOS.....</b>                                          | <b>106</b> |
| 11.1.      | TRATAMENTO SECUNDÁRIO COMPACTO.....                                                        | 106        |
| 11.1.1.    | Escopo de Fornecimento .....                                                               | 106        |
| 11.1.2.    | Normas.....                                                                                | 107        |
| 11.1.3.    | Características Técnicas e Construtivas .....                                              | 108        |
| 11.1.4.    | <b>Especificação materiais de construção .....</b>                                         | <b>108</b> |
| <b>A)</b>  | <b>CONSTRUÇÃO EM AÇO CARBONO .....</b>                                                     | <b>109</b> |
| •          | <b>Especificações mínimas do tratamento anticorrosivo e pintura para aço carbono .....</b> | <b>109</b> |
| <b>B)</b>  | <b>CONSTRUÇÃO EM PRFV (POLIÉSTER REFORÇADO COM FIBRA DE VIDRO) .....</b>                   | <b>112</b> |



|                                                                             |            |
|-----------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>C) ESPECIFICAÇÕES DO TRATAMENTO E PINTURA PARA UNIDADE EM PRFV .....</b> | <b>113</b> |
| <b>D) CONSTRUÇÃO EM CONCRETO ARMADO .....</b>                               | <b>114</b> |
| 11.1.5. Inspeções, Ensaios e Testes .....                                   | 114        |
| 11.1.6. Garantias e Responsabilidades .....                                 | 115        |
| 11.1.7. Inspeções, Ensaios e Testes .....                                   | 115        |
| 11.1.8. Garantias e Responsabilidades .....                                 | 116        |
| 11.2. VENTOSA PARA ESGOTO .....                                             | 116        |
| 11.3. REGISTRO DE GAVETA SEDE RESILIENTE COM FLANGES .....                  | 117        |
| 11.4. VÁLVULA DE RETENÇÃO COM PORTINHOLA PARA ESGOTO.....                   | 118        |
| 11.5. GRADE MANUAL.....                                                     | 118        |
| 11.5.1. Objetivo .....                                                      | 118        |
| 11.5.2. Normas.....                                                         | 119        |
| 11.5.3. Características Técnicas e Construtivas .....                       | 119        |
| 11.5.4. Materiais .....                                                     | 119        |
| 11.5.5. Preparação das Superfícies, Pintura e Proteção.....                 | 120        |
| 11.5.6. Inspeções e Testes na Fábrica .....                                 | 120        |
| 11.6. CALHA PARSHALL.....                                                   | 120        |
| 11.6.1. Objetivo .....                                                      | 120        |
| 11.6.2. Generalidades .....                                                 | 120        |
| 11.6.3. Escopo de Fornecimento .....                                        | 121        |
| 11.6.4. Normas.....                                                         | 121        |
| 11.6.5. Características Técnicas e Construtivas .....                       | 121        |
| 11.6.6. Inspeções, Ensaios e Testes .....                                   | 122        |
| 11.7. GUINDASTE GIRATÓRIO DE COLUNA .....                                   | 123        |
| 11.7.1. Objetivo .....                                                      | 123        |
| 11.7.2. Escopo de Fornecimento .....                                        | 123        |
| 11.7.3. Dados e Características do Equipamento .....                        | 123        |
| 11.8. MONOVIAS E TALHAS .....                                               | 124        |
| 11.8.1. Objetivo .....                                                      | 124        |
| 11.8.2. Generalidades .....                                                 | 124        |
| 11.8.3. Escopo de Fornecimento .....                                        | 124        |
| 11.8.4. Normas.....                                                         | 124        |
| 11.8.5. Características Técnicas e Construtivas .....                       | 125        |
| 11.8.6. Mecânicas .....                                                     | 125        |
| 11.8.7. Elétricas.....                                                      | 126        |

|          |                                                           |            |
|----------|-----------------------------------------------------------|------------|
| 11.8.8.  | Pintura e Proteção para Estruturas e Equipamentos .....   | 127        |
| 11.8.9.  | Inspeções, Ensaios e Testes .....                         | 128        |
| 11.8.10. | Montagem, Supervisão e Verificação de Funcionamento ..... | 129        |
| 11.8.11. | Garantias e Responsabilidades .....                       | 129        |
| 11.8.12. | Documentos .....                                          | 129        |
| 11.9.    | CONJUNTO MOTO-BOMBA SUBMERSÍVEL PARA ESGOTO BRUTO .....   | 129        |
| 11.9.1.  | Introdução.....                                           | 129        |
| 11.9.2.  | Características Técnicas do Conjunto.....                 | 129        |
| 11.9.3.  | Disposições Gerais: .....                                 | 130        |
| 11.10.   | EQUIPAMENTOS DO LABORATÓRIO.....                          | 131        |
| 11.10.1. | Generalidades .....                                       | 131        |
| 11.10.2. | Escopo de Fornecimento .....                              | 131        |
| 11.10.3. | Sólidos Sedimentáveis.....                                | 133        |
| 11.10.4. | Oxigênio dissolvido .....                                 | 133        |
| 11.10.5. | Detector de H <sub>2</sub> S .....                        | 133        |
| 11.11.   | LIMPEZA, PINTURA E PROTEÇÃO DAS SUPERFÍCIES .....         | 134        |
| 11.11.1. | Aspectos Gerais .....                                     | 134        |
| 11.11.2. | Preparação das Superfícies.....                           | 135        |
| 11.11.3. | Aplicação da Pintura.....                                 | 135        |
| 11.11.4. | Superfícies Pintadas.....                                 | 137        |
| 11.11.5. | Especificações das Tintas .....                           | 137        |
| 11.11.6. | Tipo de aplicação.....                                    | 137        |
| 12.      | <b>ANEXOS .....</b>                                       | <b>142</b> |
| 12.1.    | <b>VOLUME III – TOMO B – LISTA DE DESENHOS .....</b>      | <b>142</b> |
| 12.2.    | <b>PLANILHAS REDE COLETORA SES XURI.....</b>              | <b>145</b> |



## 1. INTRODUÇÃO

Este texto trata da Memorial de Descritivo e de Cálculo do Projeto Hidráulico de Melhoria do Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) do Complexo Penitenciário Xuri, localizado em Vila Velha.

O Projeto foi baseado nos Desenhos e Documentos de Referência fornecidos pela CESAN e pela Secretaria de Estado da Justiça do Espírito Santo (SEJUS-ES):

- Relatório de Diagnóstico Ambiental elaborado pelo Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA);
- Relatório da Reunião de Trabalho, elaborado pela SEJUS;
- Dados de número de presos, visitantes e funcionários do complexo;
- Dados de monitoramento da qualidade do esgoto bruto;
- Dados de consumo de água do complexo;
- Desenho de implantação das unidades prisionais do complexo;
- Levantamento Topográfico;

O trabalho também incluiu visita técnica de campo e reuniões com a CESAN que contribuíram para as diretrizes do projeto.

Este sistema foi projetado de acordo com as diretrizes da seguinte norma:

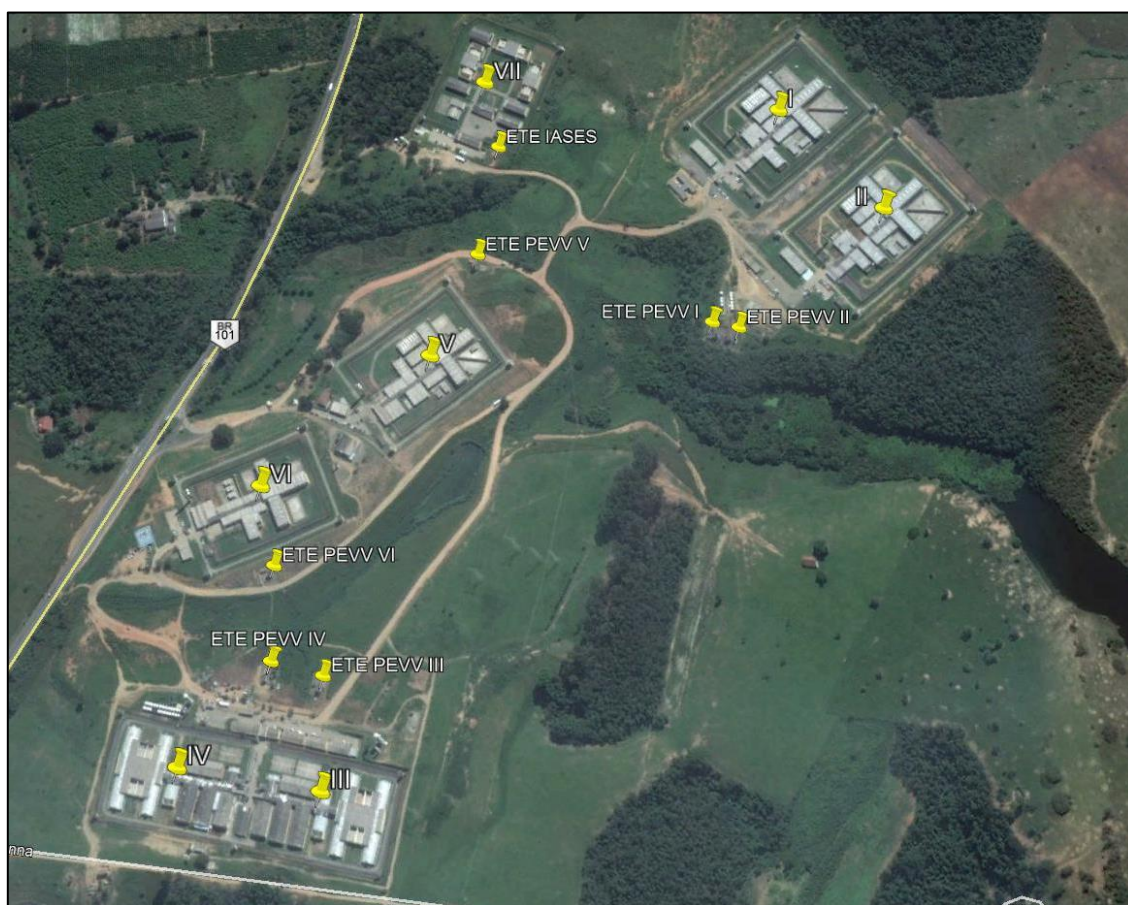
- NBR 12208/1992 – Projeto de Estações Elevatórias de Esgoto Sanitário.
- NBR 12209/2011 - Projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário.

## 2. ÁREA DE PROJETO

O Complexo Penitenciário do Xuri situa-se no município de Vila Velha, ocupa um terreno de cerca de 134 hectares e é formado por 06 unidades prisionais e 01 Unidade de Atendimento Sócio Educativo, sendo elas:

- Penitenciária Estadual Vila Velha – PEVV I
- Penitenciária Estadual Vila Velha – PEVV II
- Penitenciária Estadual Vila Velha – PEVV III
- Penitenciária Estadual Vila Velha – PEVV IV
- Penitenciária Estadual Vila Velha – PEVV V
- Centro de Detenção Provisória de Vila Velha – CDPVV
- Unidade Socioeducativa Metropolitana do Xuri

Cada unidade do complexo possui sua Estação de Tratamento de Esgoto (ETE). A Figura 1 apresenta a área das unidades prisionais e suas respectivas ETes.



**Figura 1** – Área do Complexo Penitenciário Xuri com identificação das unidades prisionais e suas respectivas Estações de Tratamento de Esgotos. (Fonte: Google Earth).

Vale ressaltar os principais pontos mencionados no Volume I deste estudo, referente ao diagnóstico do sistema de esgotamento sanitário (SES) existente no completo (Nº CESAN C-050-000-90-5-DI-0001):

- As estações de tratamento de esgoto (ETE) existentes são do tipo compactas e seus sistemas são do tipo UASB seguido de Biofiltro e Decantador Secundário;
- Todas as unidades entraram em funcionamento sem que fossem realizadas etapas referentes à obtenção de Licença Prévia (LP), Licença de Instalação (LI) e Licença de Operação (LO);
- Com exceção da ETE VII da Unidade Socioeducativa que foi recentemente reformada e encontra-se em bom estado de conservação, as demais estações encontram-se deterioradas, sem qualquer tipo de operação e manutenção e demandam uma análise no seu interior no que diz respeito à manutenção corretiva;
- Foram localizados 03 requerimentos de portaria de outorga para lançamento de efluentes em corpo hídrico superficial com finalidade de diluição mas todos foram indeferidos;
- Não foi possível acompanhar o percurso interno da rede coletora de cada unidade, tendo acesso apenas à sua chegada nas estações de tratamento;
- O esgoto bruto gerado nas unidades prisionais é composto por uma grande quantidade de resíduos inorgânicos, que são descartados através das bacias sanitárias, o que compromete o funcionamento e eficiência dos sistemas, e demanda um bom tratamento preliminar.
- A disposição final dos efluentes tratados deverá ser estudada e o corpo receptor avaliado quanto à capacidade para receber o lançamento de efluentes do complexo, mesmo estes sendo previamente tratados.

### **3. SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO EXISTENTE**

A seguir são apresentadas fotos da visita técnica realizada, com destaque para as principais unidades do SES existente. Cabe salientar que foi previsto a desativação destas unidades e a implantação de um única ETE com capacidade para atender a todo o complexo penitenciário.

#### **UNIDADES PEVV I e II**

Apesar das ETEs das unidades prisionais I e II estarem implantadas em uma única área cercada (Figura 2), cada uma possui unidades separadas como: pré-tratamento, unidade de





tratamento compacta composta de reator anaeróbio do tipo UASB, biofiltro aerado e decantador, além de casa de operação e leito de secagem.



**Figura 2 – ETEs das unidades prisionais PEVV-I e PEVV-II**

As duas ETEs serão desativas, no decorrer da elaboração do projeto foi estudado o reaproveitamento da estrutura da caixa de areia e do poço da unidade 01, onde prevemos que haja limpeza do terreno para possibilitar a utilização destas unidades.

### **UNIDADES PEVV III e IV**

A Figura 3 e a Figura 4 apresentam fotos das estações de tratamento das unidades prisionais PEVV-III e PEVV-IV.



**Figura 3 – ETE da unidade prisional PEVV-III**



**Figura 4 – ETE da unidade prisional PEVV-IV**

### **UNIDADE PEVV V**

Não foi possível verificar a situação da ETE V pois o portão estava fechado. No momento da visita ela não estava operando.



**Figura 5 – ETE PEVV-V.**

O efluente “in natura” segue para lançamento diretamente no solo, em área baixa próxima à ETE VII – Unidade Socioeducativa do Xuri (IASSES).

### **UNIDADE PEVV VI**

A unidade PEVV-VI recebe o efluente do Centro de Detenção Provisória de Vila Velha – CDPVV. A Figura 6 apresenta uma vista geral da ETE PEVV-VI (CDPVV).





**Figura 6 – ETE PEVV-VI (CDPVV).**

A única ETE recentemente reformada do Complexo Prisional de Xuri é a que atende o IASES. Também é do tipo compacta (Figura 7), composta de reator anaeróbico, biofiltro e decantador.



**Figura 7 – Vista da ETE IASES**

O efluente final tratado é desinfectado em um tanque de contato e segue para reservatórios de onde pode ser reaproveitado. De acordo com informações do relatório do IEMA e visita a campo, existe a proposta de se executar o reuso de água para utilização dos efluentes tratados nas bacias sanitárias, porém tal sistema ainda não entrou em operação.

Sendo assim, o efluente tratado é disposto diretamente no solo e segue naturalmente para área alagada em cota inferior do terreno.



As unidades prisionais PEVV-III e PEVV-IV também possuem sistema de reuso de efluente tratado em bacias sanitárias, inoperante atualmente.



**Figura 8** – Tanque de desinfecção e reservatório de água de reuso – ETE IASES

### 3.1. SISTEMA DE REUSO EXISTENTE

As unidades III e IV foram projetadas e construídas com o sistema de reuso do efluente sanitário para uso nas bacias sanitárias, onde todo o sistema hidráulico converte para esse intuito. Cada uma das unidades é composta por um reservatório em aço com volume de 30m³. Atualmente eles estão operando com água potável, eles adaptaram as tubulações para receber água potável.



(a) Unidade III



(b) Unidade IV

**Figura 9** – Reservatórios existente Unidade III (a) e Unidade IV (b).

#### 4. DADOS E PARÂMETROS DE PROJETO

A definição dos parâmetros de projeto foi acompanhada pela CESAN e as metodologias utilizadas são descritas nos tópicos a seguir.

##### 4.1. NORMAS TÉCNICAS

O presente projeto será desenvolvido com base nas normas técnicas de projeto vigentes (Normas da ABNT), nas diretrizes fornecidas pela Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN) e nos dados coletados em campo pela equipe técnica da Engesolo.

Este sistema foi projetado de acordo com as diretrizes da seguinte norma:

- NBR 12208/1992 – Projeto de Estações Elevatórias de Esgoto Sanitário.
- NBR 12209/2011 - Projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário.

##### 4.2. CAPACIDADE DO COMPLEXO PENITENCIÁRIO XURI

O estudo de capacidade do complexo tem como objetivo prever a população contribuinte do sistema de esgotamento sanitário durante o período de projeto.

A população a ser atendida pelo SES do Complexo Xuri foi obtida a partir de dados encaminhados pela CESAN de ocupação das unidades prisionais (Tabela 1).

**Tabela 1:** Ocupação (presos) por Unidade Prisional do Complexo Xuri.

| Unidade Prisional     | Vagas       | Ocupação    |
|-----------------------|-------------|-------------|
| PEVV-I                | 620         | 1263        |
| PEVV-II               | 684         | 1334        |
| PEVV-III              | 604         | 1095        |
| PSVV (antigo PEVV-IV) | 604         | 1266        |
| PEVV-V                | 580         | 1128        |
| VI - CDPVV            | 534         | 909         |
| Nova Unidade          | 804         | 1200        |
| IASES                 | 120         | 223*        |
| <b>TOTAL</b>          | <b>4550</b> | <b>8418</b> |

\*Os dados de ocupação do IASES foram estimados com base na média da relação ocupação/vagas das demais unidades prisionais do complexo.

O SES deve atender ainda as pessoas da administração e os visitantes. A estimativa destes se baseou em:

- Administração – Considerou-se 30% em relação à ocupação – Ver item 3.4;

- Visitantes – Adotou-se o número de visitantes como 1/7 do número de presos.

Apresenta-se na Tabela 2 abaixo a capacidade total do complexo penitenciário Xuri, considerando o número de presos, pessoas da administração e visitantes.

**Tabela 2:** Capacidade Total de Pessoas do Complexo Penitenciário Xuri.

| Unidade Prisional     | Ocupação    | Administração | Visitantes  | TOTAL        |
|-----------------------|-------------|---------------|-------------|--------------|
| PEVV-I                | 1263        | 379           | 180         | 1822         |
| PEVV-II               | 1334        | 400           | 191         | 1925         |
| PEVV-III              | 1095        | 329           | 156         | 1580         |
| PSVV (antigo PEVV-IV) | 1266        | 380           | 181         | 1827         |
| PEVV-V                | 1128        | 338           | 161         | 1628         |
| VI - CDPVV            | 909         | 273           | 130         | 1312         |
| Nova Unidade          | 1200        | 360           | 171         | 1731         |
| IASES                 | 223         | 67            | 32          | 322          |
| <b>TOTAL</b>          | <b>8418</b> | <b>2526</b>   | <b>1202</b> | <b>12147</b> |

#### 4.3. VAZÃO DE PROJETO

Para estudo da vazão, inicialmente foram adotados parâmetros cuja definição visa o atendimento às normas da ABNT, à legislação vigente e às orientações da CESAN, a partir de dados operacionais fornecidos. A seguir são apresentados os parâmetros adotados neste projeto.

##### 4.3.1. Consumo Per Capita de Água

Para definição do consumo per capita foram analisados os dados e estudos existentes. A Tabela 3 apresenta os dados de consumo de água do período de Fevereiro/2017 à Fevereiro de 2018 disponibilizados pela CESAN, e os dados de per capita calculados, considerando a ocupação atual das unidades existentes (7.218 hab).

**Tabela 3:** Consumo de água do Complexo Xuri no período de Fev/17 à Fev/18 e Per capita calculado.

| Mês    | Consumo (m³/mês) | l/d     | l/hab.d |
|--------|------------------|---------|---------|
| fev/18 | 40149            | 1338300 | 185     |
| jan/18 | 40788            | 1359600 | 188     |
| dez/17 | 34091            | 1136367 | 157     |
| nov/17 | 45278            | 1509267 | 209     |
| out/17 | 33580            | 1119333 | 155     |
| set/17 | 45868            | 1528933 | 212     |
| ago/17 | 25704            | 856800  | 119     |
| jul/17 | 45114            | 1503800 | 208     |

|              |       |         |            |
|--------------|-------|---------|------------|
| jun/17       | 28134 | 937800  | 130        |
| mai/17       | 41489 | 1382967 | 192        |
| abr/17       | 38222 | 1274067 | 177        |
| mar/17       | 41508 | 1383600 | 192        |
| fev/17       | 37029 | 1234300 | 171        |
| <b>MÉDIA</b> |       |         | <b>177</b> |

O per capita calculado de 177l/hab.dia com base nos dados de consumo encaminhados pela CESAN é menor do que o apresentado no relatório da SEJUS e adotou-se este último, que corresponde ao valor 221l/preso.dia.

Para pessoas da administração e visitantes, considerou-se uma contribuição de esgoto de 50L/dia, com base na contribuição diária de despejos apresentada na norma NBR 13.969 de 1997, para ocupantes temporários.

#### 4.3.2. Coeficiente de Retorno (C)

O coeficiente de retorno a ser utilizado é igual a 0,80.

#### 4.3.3. Coeficiente de Variação de Vazão (K)

O coeficiente de variação de vazão representa a combinação dos coeficientes do dia e da hora de maior consumo, para o pico do consumo, e a aplicação da mínima vazão horária. Serão utilizados os seguintes valores:

- $K_1 = 1,2$  (coeficiente do dia de maior consumo);
- $K_2 = 1,5$  (coeficiente da hora de maior consumo);
- $K_3 = 0,5$  (coeficiente de mínima vazão horária).

Para determinar a vazão máxima diária aplica-se o coeficiente  $K_1$  sobre a vazão média. Para determinar a vazão máxima horária (pico de consumo) aplica-se sobre a vazão média os coeficientes  $K_1$  e  $K_2$ . Para encontrar a vazão mínima, aplica-se o coeficiente  $K_3$  sobre a vazão média.

#### 4.3.4. Comprimento da Rede Coletora

O comprimento da rede coletora total é utilizado para cálculo da vazão de infiltração, conforme equação abaixo.

- $Q_{inf} = L \times i$ , sendo:
- $Q_{inf}$  = Vazão de infiltração, em L/s;  $L$  = comprimento da Rede Coletora, em km;  $i$  = coeficiente de infiltração, em L/s.km.





O comprimento total de rede coletora (existente e projetada) é de 7,17 km.

#### 4.3.5. Cálculo da Demanda

A seguir são apresentadas as equações de cálculo das vazões pertinentes ao projeto.

Vazão média:

$$Q_{\text{méd}} = \frac{((\text{pop.} \times \text{qpc} \times c) + (\text{Visit} \times \text{qpc2}) + (\text{Adm} \times \text{qpc2}))}{86400}$$

Vazão máxima diária:

$$Q_{\text{máxd}} = \frac{((\text{pop.} \times \text{qpc} \times c) + (\text{Visit} \times \text{qpc2}) + (\text{Adm} \times \text{qpc2})) \times K1}{86400}$$

Vazão máxima diária:

$$Q_{\text{máxh}} = \frac{((\text{pop.} \times \text{qpc} \times c) + (\text{Visit} \times \text{qpc2}) + (\text{Adm} \times \text{qpc2})) \times K1 \times K2}{86400}$$

Vazão mínima:

$$Q_{\text{mín}} = \frac{((\text{pop.} \times \text{qpc} \times c) + (\text{Visit} \times \text{qpc2}) + (\text{Adm} \times \text{qpc2})) \times K3}{86400}$$

Onde:

pop. = população atendida, hab.

qpc = consumo per capita médio de água, L/hab. x dia: adotado 221 L/hab. x dia;

qpc2 = contribuição de esgoto de 50L/diaç

c = coeficiente de retorno: 0,80;

A Tabela 4 apresenta a projeção da vazão na área de projeto, por unidade prisional.

**Tabela 4:** Vazão de esgoto por Unidade Prisional.

| UP       | Ocupação | Adm.  | Visitantes | Vazão (l/s) |      |          |           |
|----------|----------|-------|------------|-------------|------|----------|-----------|
|          |          |       |            | Min.        | Med. | Max Dia. | Max. Hor. |
| PEVV-I   | 1263     | 378,9 | 180        | 1,45        | 2,91 | 3,49     | 5,23      |
| PEVV-II  | 1334     | 400   | 191        | 1,54        | 3,07 | 3,69     | 5,53      |
| PEVV-III | 1095     | 329   | 156        | 1,26        | 2,52 | 3,03     | 4,54      |

| UP              | Ocupação | Adm. | Visitantes | Vazão (l/s) |       |          |           |
|-----------------|----------|------|------------|-------------|-------|----------|-----------|
|                 |          |      |            | Min.        | Med.  | Max Dia. | Max. Hor. |
| PEVV-IV         | 1266     | 380  | 181        | 1,46        | 2,92  | 3,50     | 5,25      |
| PEVV-V          | 1128     | 338  | 161        | 1,30        | 2,60  | 3,12     | 4,68      |
| PEVV VI (CDPVV) | 909      | 273  | 130        | 1,05        | 2,09  | 2,51     | 3,77      |
| Nova Unidade    | 1200     | 360  | 171        | 1,38        | 2,76  | 3,32     | 4,97      |
| IASSES          | 223      | 67   | 32         | 0,26        | 0,51  | 0,62     | 0,93      |
| TOTAL           | 8418     | 2526 | 1203       | 9,69        | 19,38 | 23,26    | 34,89     |

Arredondando-se o número de presos para 8.500, têm-se a vazão total da área de projeto a ser considerada para a ETE única, apresentada na Tabela 5.

**Tabela 5:** Vazão de esgoto do Complexo Penitenciário Xuri.

| Presos | Administração | Visitantes | Vazão (l/s) |              |          |              |
|--------|---------------|------------|-------------|--------------|----------|--------------|
|        |               |            | Min.        | Med.         | Max Dia. | Max. Hor.    |
| 8500   | 2550          | 1214       | 9,79        | <b>19,57</b> | 23,49    | <b>35,23</b> |

Para a base de cálculo da estação de tratamento de esgoto arredondando-se a vazão média para 20l/s.

#### 4.4. REUSO DO EFLUENTE TRATADO EM BACIAS SANITÁRIAS

De acordo com informações do relatório do IEMA e visita a campo, foram implantados sistemas de reuso do efluente tratado em bacias sanitárias de três unidades prisionais do complexo, sendo elas a PEVV-III, PEVV-IV e a unidade do IASSES.

Apesar dos sistemas existentes estarem inoperantes, considerou-se a demanda destes caso entrem em operação, diminuindo assim a vazão direcionada para o lançamento final no corpo receptor. Somou-se à vazão dos sistemas existentes a demanda da nova unidade a ser implantada futuramente.

A Tabela 6 apresenta os dados de quantitativo de bacias sanitárias do complexo, tanto para os presos quanto para as pessoas da administração.

**Tabela 6:** Quantitativo de Bacias Sanitárias das UP.

| QUANTITATIVO BACIAS SANITÁRIAS (BS) |        |          |          |                             |
|-------------------------------------|--------|----------|----------|-----------------------------|
| UP                                  | BS ADM | BS CELAS | TOTAL BS | RELAÇÃO TOTAL BS / BS CELAS |
| PEVV V                              | 56     | 200      | 256      | 1,3                         |
| PEVV IV                             | 18     | 168      | 186      | 1,1                         |

|                   |    |     |     |            |
|-------------------|----|-----|-----|------------|
| PEVV III          | 18 | 168 | 186 | 1,1        |
| PEVV II           | 60 | 156 | 216 | 1,4        |
| PEVV I            | 44 | 138 | 182 | 1,3        |
| CDPVV             | 37 | 117 | 154 | 1,3        |
| Nova unidade XURI | 78 | 234 | 312 | 1,3        |
| <b>MEDIA</b>      |    |     |     | <b>1,3</b> |

A partir dos dados do quantitativo de bacias sanitárias encaminhados, conclui-se que a partir de um acréscimo em média de 30% no total de BS das Celas, chega-se ao total de BS por unidade prisional. Essa mesma relação foi considerada para a unidade do IASES cujos dados não foram encaminhados. Utilizou-se também essa relação para o cálculo de pessoas do setor de administração, considerando 30% do total de presos.

De posse do número total de pessoas por unidade prisional (presos e administração), considerou-se dados de literatura do volume de descarga convencional (6 a 12 L/descarga). Utilizando o maior volume de descarga (12L/dia) e adotando 6 descargas por pessoa por dia também com base na literatura, foi possível o cálculo da vazão de reuso. Os dados utilizados no cálculo e a vazão de reuso são apresentados na Tabela 7 a seguir.

**Tabela 7:** Demanda de Reuso em Bacias Sanitárias para Sistemas já implantados e Unidade Nova.

| Demanda Reúso Bacia Sanitária |                  |                    |                                  |                    |                                 |                                            |
|-------------------------------|------------------|--------------------|----------------------------------|--------------------|---------------------------------|--------------------------------------------|
| UP                            | Número de Presos | Presos + 30% (ADM) | Volume por pessoa (L/pessoa.dia) | Vazao por UP (l/s) | Vazao do Sist. implantado (l/s) | Vazao Sist Implantado + Unidade Nova (l/s) |
| PEVV III                      | 1095             | 1424               | 72*                              | 1,19               | 2,80                            | 4,10                                       |
| PEVV IV                       | 1266             | 1646               |                                  | 1,37               |                                 |                                            |
| NOVA UNIDADE                  | 1200             | 1560               |                                  | 1,30               |                                 |                                            |
| VII - IASES                   | 223              | 291                |                                  | 0,24               |                                 |                                            |

\*Referência: PROSAB 4 – Livro 5 – Consumo de Água – Uso Racional de Água em Edificações

Para o sistema de reuso nas bacias sanitárias do complexo penitenciário de Xuri foi adotada uma vazão de 4,5 l/s.

Ao decorrer do projeto fomos informados pelo IASES que o mesmo não possui sistema de reuso, contudo foi projetado um ponto de espera caso futuramente seja instalado.

## 5. SISTEMA PROPOSTO

A partir do levantamento topográfico, visita à campo e reuniões realizadas com a CESAN chegou-se a uma concepção para o SES do Complexo Penitenciário de Xuri.

- Após análise topográfica verificou-se a necessidade a implantação de trechos de rede coletoras de esgoto com o intuito de diminuir a quantidade de elevatórias dentro do complexo penitenciário;
- Com dados fornecidos pela topografia e após análise das cotas verificou-se que a área da ETE 1 pode ser reaproveitada, sendo previsto a recuperação e a ativação da caixa de areia existente sendo necessário apenas a adaptação de um gradeamento no canal. Está previsto também aproveitar o poço da elevatória existe, adequando para o projeto elaborado;
- Foi previsto a implantação de três elevatórias de esgoto bruto;

No Volume I deste projeto (Estudo de Concepção - doc. nº C-050-000-90-5-RT-0001) foram avaliadas diversas alternativas e tecnologias para o tratamento do esgoto. As alternativas foram apresentadas à CESAN, sendo descrita a seguir a concepção aprovada pela CESAN, levando em conta a legislação pertinente, a capacidade do corpo receptor e a área disponível para a ETE.

A estação de tratamento será composta por:

- Pré-tratamento: tratamento preliminar com limpeza manual com gradeamento grosseiro, gradeamento fino, desarenador e caixa de gordura;
- Tratamento secundário: associação de tratamento biológico com reatores anaeróbio de fluxo ascendente – UASB, filtro biológico de manta orgânica BFMO e decantador secundário;
- Tratamento do lodo gerado na ETE através dos leitos de secagem.



## 6. REDE COLETORA

No tópico a seguir são apresentados os critérios de projeto considerados no dimensionamento da rede coletora.

- Diâmetro mínimo: 150 mm;
- Material da tubulação: Trechos enterrados em PVC e trechos aéreos em Ferro Fundido;
- Profundidade:
  - a) Recobrimento mínimo de 0,90 m para coletor assentado no leito da via de tráfego;
  - b) 0,65 m para coletor assentado no passeio.
  - c) 1,50 m para coletor assentado no leito da via estadual.
- Traçado:
  - a) Deverá se buscar uma disposição para o traçado da rede de tal maneira que permita a ocorrência do maior número possível de trechos iniciais com menor profundidade.
  - b) Será utilizada rede simples a ser instalada no leito da via de tráfego.
  - c) Os traçados entre as inspeções deverão ter alinhamento horizontal e declividade uniforme em toda a sua extensão;
- Disposições construtivas:
  - a) Serão previstos dispositivos de inspeção em todos os pontos singulares da rede coletora, tais como no início dos coletores, nas mudanças de direção, de declividade, de diâmetro e de material, na reunião de coletores e onde há degraus;
  - b) Será utilizado o seguinte dispositivo de inspeção: Poço de visita, obrigatoriamente nos seguintes casos: na reunião de mais de dois trechos ao coletor, nas passagens forçadas; e nas mudanças de declividade e direção, mudança de diâmetro e material;
  - c) Por solicitação da CESAN, a distância entre os poços de visita será de no máximo 80m;
  - d) É dispensável o uso de tubo de queda, conforme orientação da CESAN; Em poços de visita que apresentem diferenças superiores a 0,50 m entre a geratriz interna inferior da tubulação de chegada e o fundo do PV deverão ser utilizados degraus de modo a manter a queda livre do esgoto em altura sempre máxima de 0,50 m.
  - e) Nas mudanças de diâmetro a geratriz inferior de maior diâmetro deverá ser rebaixada de tal forma a cumprir a relação  $r \geq 0,75 (D-d)$ , onde  $r$  é o valor do rebaixamento e  $D$  e  $d$  é o diâmetro maior e menor, respectivamente;
  - f) Conforme padrão CESAN, os poços de visita (PV) serão executados em anéis pré-moldados de concreto, com as dimensões descritas na Tabela 8 a seguir.

**Tabela 8:** Dimensões dos PV's, conforme padrão CESAN.

| Profundidade (m)  | Diâmetro do PV (m) |
|-------------------|--------------------|
| Até 1,25          | 0,60               |
| Entre 1,25 e 2,75 | 1,00               |
| Ac                | 1,20               |

- Dimensionamento hidráulico:
  - a) O dimensionamento hidráulico de cada trecho será realizado usando as vazões de contribuição de início ( $Q_i$ ) e final de plano ( $Q_f$ ). Será utilizado o critério de tensão trativa média;
  - b) O valor de  $Q$  a considerar em qualquer trecho não deve ser inferior a 1,5 l/s;
  - c) O valor mínimo aceitável de velocidade deverá ser igual ou maior que 0,5 m/s;
  - d) Velocidade máxima igual a 5,0 m/s.

### 6.1. CÁLCULO DA REDE COLETORA

O cálculo da rede coletora de esgoto e seu desenho foram realizados com o uso do Sistema SANCAD - Módulo ESG. O Sistema SANCAD - Módulo ESG é um aplicativo para projeto e dimensionamento de redes coletoras de esgotos sanitários pelas normas ABNT N-BR-9649/86 (critério da tensão trativa) e P-NB-567/75, desenvolvido para ser utilizado em conjunto com o software gráfico AUTOCAD (produto da Autodesk Inc.).

A metodologia de trabalho consiste em lançar graficamente a rede sobre a planta topográfica no AUTOCAD, gerar arquivo de exportação de dados em formato neutro, ler o arquivo no aplicativo de cálculo, dimensionar a rede, gerar os arquivos de retorno das informações do cálculo para o AUTOCAD e obter a planta final.

A numeração adotada é dupla “coletor-trecho” e o programa dimensiona os coletores com base na propagação das vazões, no recobrimento e no diâmetro mínimo, na relação  $h/d$  máxima e na declividade econômica (acompanhando a topografia, evitando acréscimos de escavação).

Tendo-se o comprimento total da rede, a população a ser esgotada em início e fim de plano e os parâmetros de consumo de água, como per capita, coeficiente diário  $K_1$  e horário  $K_2$ , os coeficientes de retorno e de infiltração, determina-se a vazão de coleta linear, em l/s.m. As vazões calculadas nos trechos propagam-se das cabeceiras para as pontas, até atingir seu maior valor no trecho até o ponto final da rede.

Com as vazões de início e fim de plano para cada trecho calcula-se o diâmetro, a declividade (sempre o programa procurando a mais econômica) e demais parâmetros de escoamento.

## 6.2. DADOS DA REDE COLETORA DE ESGOTOS

Os principais dados da rede coletora são apresentados na planilha de cálculo anexa a esse documento, que contém numeração dos coletores e seus trechos, numeração dos poços de visita, comprimento dos trechos, cotas de terreno, profundidades, diâmetros, declividades, vazões, velocidades, entre outros. As siglas apresentadas na planilha são descritas a seguir.

- Coletor: numeração dos coletores e respectivos trechos;
- PV\_mont: poço de visita de montante;
- PV\_jus: poço de vista de jusante;
- Comp: comprimento do trecho em metro;
- CT\_mont: cota do terreno de montante em metro;
- CT\_jus: cota do terreno de jusante em metro;
- CC\_mont: cota da geratriz de montante em metro;
- CC\_jus: cota da geratriz de jusante em metro;
- Prof\_mont: profundidade de montante em metro;
- Prof\_jus: profundidade de jusante em metro;
- Diam: diâmetro em milímetro;
- Decliv: declividade em metro por metro;
- Vazao Concentrada: contribuição de vazão descarregada no PV em litros por segundo;
- Vazao\_ini: vazão inicial em litros por segundo;
- Vazao\_fim: vazão final em litros por segundo;
- Vel\_ini: velocidade inicial em metros por segundo;
- Vel\_fim: velocidade final em metros por segundo.
- Vel\_crit: velocidade crítica em metros por segundo;
- Trativa: tensão tangencial exercida ao longo da tubulação pelo líquido em metros por segundo;
- Material: Material que constitui a tubulação empregada no projeto (PVC ou Ferro Fundido).

As vazões provenientes do recalque de elevatórias são inseridas e impostas ao programa. A Tabela 9 a seguir apresenta as vazões de contribuição de cada bacia e PV's que recebem as contribuições de lançamento das linhas de recalque.

**Tabela 9:** Vazões e pontos de lançamento dos recalques – SES Xuri.

| Bacia | Vazão máxima horária de Contribuição (l/s) | PV de Recepção na Bacia | Observações       |
|-------|--------------------------------------------|-------------------------|-------------------|
| A     | 16,37                                      | PV-7A                   | Lança na Bacia B. |
| B     | 34,90                                      | PV-1B                   | -                 |

A Tabela 10 a seguir mostra o resumo das extensões de rede coletora por diâmetro e bacias de esgotamento.

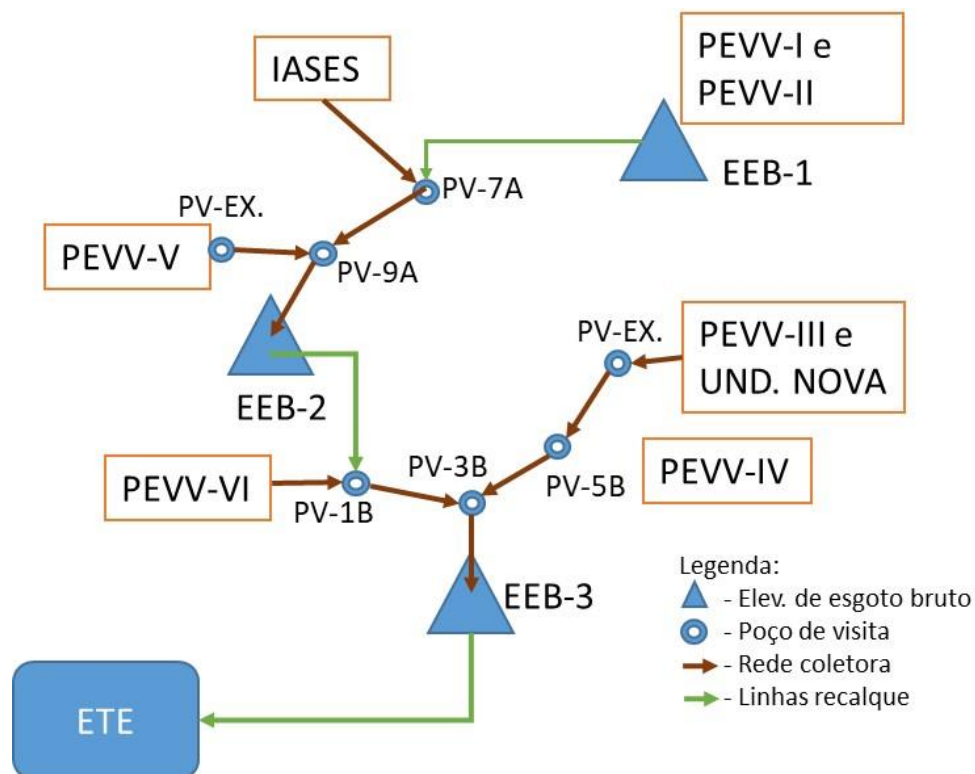
**Tabela 10:** Rede Coletora SES Xuri.

| Bacia | Diâmetro (mm) | Extensão de Rede Coletora (m) / Etapa |       |
|-------|---------------|---------------------------------------|-------|
|       |               | Subtotal                              | Total |
| A     | 150           | 228                                   | 345   |
|       | 200           | 117                                   |       |
| B     | 200           | 196                                   | 203   |
|       | 300           | 7                                     |       |
| TOTAL |               | 548                                   | 548   |



## 7. ELEVATÓRIAS DE ESGOTO BRUTO E LINHAS DE RECALQUE

As elevatórias e linhas de recalque foram dimensionadas com base nos parâmetros e critérios apresentados a seguir. A Figura 10 apresenta o fluxograma do complexo penitenciário de Xuri.



**Figura 10:** Fluxograma do complexo penitenciário de Xuri.

### 7.1. CRITÉRIOS DE PROJETO

O projeto da elevatória de esgoto será dimensionado de acordo com o disposto na Norma Brasileira NBR 12208 “Projeto de Estações Elevatórias de Esgotos Sanitários” e atendendo as diretrizes técnicas e operacionais da CESAN.

Serão previstos conjuntos moto-bombas submersíveis de comando automático mantendo sempre uma unidade de reserva. A vazão de recalque da elevatória deverá ser superior à vazão máxima afluyente ao poço de sucção.

Serão observadas as seguintes velocidades:

- Sucção – entre 0,60 e 1,50 m/s.
- Recalque – entre 0,60 e 3,00 m/s.

O dispositivo de remoção de sólidos grosseiros será por meio de grade de barras de limpeza manual com espaçamento de 2,5 cm e inclinação de 60° em relação a horizontal.

A elevatória será provida de extravasor de vazão igual à máxima afluente e será posicionada adequadamente em cada bacia para lançamento na drenagem ou córregos.

Será instalado um sistema de içamento dos conjuntos moto-bombas, para auxiliarem os serviços de manutenção. Sendo os conjuntos da localidade de pequeno porte, o equipamento a ser utilizado será o braço giratório. Os odores liberados pelos gases sulfídricos e amônia, provenientes do esgoto, serão conduzidos até o biofiltro. Este utilizará o processo biológico para tratamento destes gases com intuito de eliminar nesta unidade possível odor durante a operação do sistema.

#### **7.1.1. Cálculo do Diâmetro das Linhas de Recalque**

Para a definição dos diâmetros a serem estudados será utilizada a equação de Bresse, apresentada a seguir:

$$D = K \times \sqrt{Q}, \text{ onde:}$$

- D = Diâmetro nominal da tubulação, em m;
- K = Coeficiente de Bresse, adimensional;
- Q = Vazão, em m³/s.

Os diâmetros pré-selecionados atendem às velocidades limites de escoamento para as tubulações de sucção e recalque definidas nos critérios de projeto.

#### **7.1.2. Cálculo Das Perdas Distribuídas E Localizadas**

A altura manométrica será determinada a partir da seguinte expressão:

$$H_m = H_g + h_{fc} + h_{fl} + \text{folga, sendo:}$$

- H<sub>m</sub> = altura manométrica, em m;
- H<sub>g</sub> = altura geométrica, em m;
- H<sub>fd</sub> = perda de carga distribuída, em m;
- H<sub>fl</sub> = perda de carga localizada, em m.

As perdas de carga distribuídas foram calculadas pela fórmula de Darcy-Weisbach ou “fórmula Universal”, apresentada abaixo:

$$H_{fd} = f \times \frac{L \times v^2}{D \times 2g}, \text{ onde:}$$



- $H_{fd}$  = perda de carga distribuída ao longo do comprimento do tubo, em mca;
- $f$  = coeficiente de atrito, adimensional;
- $L$  = comprimento do tubo (m);
- $v$  = velocidade do fluido no interior do tubo (m/s);
- $D$  = Diâmetro interno do tubo (m);
- $g$  = aceleração da gravidade (9,81 m/s<sup>2</sup>).

Para o cálculo do coeficiente de atrito “ $f$ ”, é utilizado o coeficiente de rugosidade absoluta ( $K$ ). O material da linha de recalque projetado foi o Tubo para esgoto JGS em ferro fundido e, portanto, o coeficiente utilizado foi de 0,0005 m.

As perdas de carga localizadas foram calculadas a partir das singularidades e correspondentes coeficientes “ $K$ ”, obtidos da literatura corrente. Para tanto, foi utilizada a seguinte expressão:

$$H_{fL} = \frac{Kv^2}{2g}, \text{ onde :}$$

- $K$  = coeficiente que depende da forma da peça (adimensional);
- $v$  = velocidade do fluido no interior do tubo (m/s);
- $g$  = aceleração da gravidade (9,81 m/s<sup>2</sup>).

Os valores de  $K$  para cada singularidade foram extraídos do livro Manual de Hidráulica de Azevedo Netto.

A velocidade de sucção e de recalque será obtida através da expressão:

$$v = \frac{Q}{A}, \text{ onde:}$$

- $v$  = velocidade, em m/s;
- $Q$  = vazão, em m<sup>3</sup>/s;
- $A$  = área da tubulação, em m<sup>2</sup>.

As velocidades de sucção e recalque deverão atender os limites definidos nos critérios de projeto.

### 7.1.3. Dimensionamento do Poço de Sucção

O poço de sucção e as demais estruturas civis da elevatória foram dimensionados para a vazão máxima horária de final de plano.



Para dimensionamento do poço serão atendidas as seguintes exigências de:

- Intermitência da partida das bombas;
- Tempo de retenção de esgoto.

### **Verificação da intermitência das bombas**

A intermitência da partida das bombas é o intervalo de duas partidas consecutivas da mesma bomba. Segundo Crespo (2001), para evitar danos no equipamento, o volume mínimo no poço de sucção entre NA máx. e NA min deve ser:

$$V = 2,5 Q_b, \text{ onde:}$$

- $V$  = Volume mínimo entre o  $NA_{\text{máx}}$  e o  $NA_{\text{min}}$ ,  $m^3$ ;
- $Q_b$  = Capacidade da bomba,  $m^3/\text{min}$ .

Ainda segundo o autor, quando nas elevatórias são instaladas bombas operando com “rodízio automático”, a equação pode ficar com uma exigência menor de volume:

$$V = 1,25 Q_b$$

Verificação do tempo de intermitência da partida das bombas:

Segundo Crespo (2001), o tempo de intermitência é dado pela equação:

$$t = t_s + t_d; \text{ onde:}$$

- $t_s$  é o tempo gasto pelo nível de água pra subir desde o NA min. até o NA máx.;
- $t_d$  é o tempo gasto pelo nível de água para descer desde o NA máx. Até o NA. Min.

Para o cálculo de  $t_s$  e  $t_d$ , utilizamos:

$$t_s = V/Q_e, \text{ onde:}$$

- $V$  = volume útil do poço de sucção;
- $Q_e$  = vazão de esgoto afluente do poço de sucção.

$$t_d = V/(Q_b - Q_e), \text{ onde:}$$

- $Q_b$  = capacidade nominal da bomba.

### **Verificação do tempo de retenção**

O cálculo do tempo de retenção fixa o volume máximo admitido para o poço de sucção. Um tempo de retenção alto pode provocar a deposição de sólidos, a septicidade do material e a emissão de odores fétidos.



O tempo de detenção máximo admitido, de acordo com a norma NBR 12208/1992, é de 30 minutos. Segundo Crespo (2001), o tempo de detenção pode ser calculado pela fórmula:

$T = Vd/Q_{min}$ ; onde:

- $T$  = tempo de detenção de esgoto no poço de sucção;
- $Q_{min}$  = vazão mínima de esgoto afluente à elevatória;
- $Vd$  = Volume do poço considerando desde o NA médio até o fundo do poço.

O Volume do poço é dado pela seguinte relação:

$Vd = A \times H$ ; onde:

- $A$  = área do poço
- $H$  = distancia vertical entre o NA médio e o fundo do poço. Admite-se que o NA médio corresponde a um nível equidistante entre o NA máx. e o NA min.

Crespo (2001) também cita que a vazão mínima, quando escolhida dentro do início do horizonte de projeto, representa uma grandeza tão pequena que inviabiliza o cálculo para determinar o volume máximo do poço.

O autor também diz que a posição mais pragmática e ajustada à realidade admite assumir que a vazão mínima corresponderá a um quarto da vazão média de fim de plano, considerando-se que deverá ser excluída a vazão correspondente a infiltração.

- $Q_{min} = Q_{med}/4$ , onde:
- $Q_{med}$  = vazão média de fim de plano sem considerar infiltração

Nos casos em que a vazão mínima descrita é muito baixa, é utilizada a vazão média de início de plano, sem a vazão de infiltração.

## 7.2. ESTAÇÃO ELEVATÓRIA EEB 1 E LINHA DE RECALQUE LR 1

A Elevatória de Esgoto Bruto EEB 1 localiza-se na área onde atualmente está instalada a ETE PEVV I e ETE PEVV II. Esta elevatória recebe o efluente proveniente da unidade prisional PEVV-I e da unidade PEVV II.

Após análise da topografia verificou-se que a caixa de areia e o poço de sucção da ETE I podem ser reaproveitadas, após a limpeza da área o projeto estrutural deve avaliar a estrutura das unidades aproveitadas. Caso o projeto estrutural não aprove o projeto deve ser reavaliado.



Visando otimizar o sistema optamos em aproveitar o poço da elevatória do 01, onde a cota de fundo é a menor, foi previsto uma adaptação na caixa de areia inserindo um grademaneto. Seu projeto atenderá às vazões especificadas na Tabela 11. A LR 01 lança o efluente no PV-7A.

**Tabela 11** - Vazões de contribuição da EEB 1

| Local   | Vazão Afluente (l/s) - Qe |       |             |              | Vazão de Recalque (l/s) - Qb |
|---------|---------------------------|-------|-------------|--------------|------------------------------|
|         | Mínima                    | Média | Máx. diário | Máx. horário |                              |
| PEVV-I  | 1,45                      | 2,91  | 3,49        | 5,23         | -                            |
| PEVV-II | 1,54                      | 3,07  | 3,69        | 5,53         | -                            |
| EEB-01  | 2,99                      | 5,98  | 7,18        | 10,76        | 11,00                        |

A elevatória foi dimensionada para atender uma vazão de recalque total de 11,00 l/s, constituída por dois conjuntos moto-bombas submersíveis, com funcionamento em rodízio, mantendo uma bomba em operação e outra em reserva. A Figura 11 apresenta a localização da EEB 1 e o caminhamento da LR 1.



**Figura 11** – Localização ELEV-01 e caminhamento LR-1. (Fonte: Google Earth).

### 7.2.1. Gradeamento e Caixa de Areia

A caixa de areia existente da estação de tratamento de esgoto bruto I será reaproveitada. Ressaltamos que a estrutura existente deve ser adaptada para receber o grademaneto, o terreno deverá ser limpo e a estrutura deve ser avaliada pelo projeto estrutural.

Para base dos cálculos utilizamos as dimensões existentes para avaliação, logo observa-se que as taxas de aplicação superficiais são atendidas. Deve ser previsto a limpeza da caixa de areia no período de 7 dias ou sempre que houver a necessidade.

### **VERIFICAÇÃO DO DESARENADOR**

|                                                    |                                           |
|----------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Largura adotada =                                  | 0,40 m                                    |
| Comprimento Adotado =                              | 1,75 m                                    |
| Área Superficial =                                 | 0,70 m <sup>2</sup>                       |
| Taxa Aplicação Superficial p/ Q <sub>méd</sub> =   | 738,10 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d  |
| Taxa Aplicação Superficial p/ Q <sub>máx</sub> =   | 1328,09 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d |
| Quantidade material retido para Q <sub>méd</sub> = | 0,021 m <sup>3</sup> /d                   |
| Quantidade material retido para Q <sub>máx</sub> = | 0,037 m <sup>3</sup> /d                   |
| Período de limpeza =                               | 7 dias                                    |
| Volume retido entre as limpezas Q <sub>méd</sub> = | 0,14 m <sup>3</sup>                       |
| Volume retido entre as limpezas Q <sub>máx</sub> = | 0,14 m <sup>3</sup>                       |
| Profundidade depósito areia Q <sub>méd</sub> =     | 0,21 m                                    |
| Profundidade depósito areia Q <sub>máx</sub> =     | 0,21 m                                    |

### **7.2.2. Poço de Sucção**

Para cálculo do poço de sucção, temos os seguintes dados:

- Q máx. horária = 10,76 l/s;
- Tempo de ciclo = 10 minutos
- Q<sub>b</sub> = 11,00 l/s = 0,66 m<sup>3</sup>/min
- V<sub>min</sub> = (Q<sub>b</sub> x Tempo ciclo)/4
- V = (0,66 x 10)/4 = 1,65 m<sup>3</sup>

O poço da elevatória é existente a ser reutilizado. O poço tem diâmetro de 2m, a altura útil calculada é de 0,50m para nossa situação. Logo, o volume do poço é de 1,57m<sup>3</sup> com uma altura útil de 0,50.

### Verificação do tempo de intermitência da partida das bombas:

- Para atender o sistema temos:



$Q_e$  = vazão máxima diário afluente de final de plano = 7,18 l/s (0,431 m<sup>3</sup>/min);

$Q_b$  = 11,00 l/s = 0,0660 m<sup>3</sup>/min

$t$  = 10,5 minutos > 10 minutos → Ok!

Verificação do tempo de detenção:

$T = V_d / Q_{med}$ ;

$V_d$  = Volume efetivo do poço = 1,21m<sup>3</sup> (Área poço x (submergencia da bomba + Altura útil/2));

Para verificação do tempo de detenção, será adotado:

$Q_{med}$  = vazão média = 5,98 l/s = 0,349 m<sup>3</sup>/min;

$T = V_d / Q_{min} = (1,21 / 0,349) = 3,4$  minutos; < 30 minutos → Ok!

A Tabela 12 apresenta as características do poço de sucção da EEB 1.

**Tabela 12:** Características do poço de sucção da EEB 1.

| CARACTERÍSTICA                         | Valor | UNIDADE        |
|----------------------------------------|-------|----------------|
| Altura útil do poço de sucção          | 0,50  | m              |
| Diâmetro do poço de sucção - EXISTENTE | 2,00  | m              |
| Volume útil do poço de sucção          | 1,57  | m <sup>3</sup> |
| Tempo máximo de detenção               | 3,4   | minutos        |
| Tempo de intermitência das bombas      | 10,50 | minutos        |

**CARACTERÍSTICAS DO POÇO DE SUCÇÃO**

|                                  |        |                |
|----------------------------------|--------|----------------|
| Cota Entrada do Poço de Sucção = | 44,893 | m              |
| Cota NA Alarme =                 | 44,893 | m              |
| Cota NA Máximo =                 | 44,893 | m              |
| Cota NA Mínimo =                 | 44,393 | m              |
| Cota fundo =                     | 44,108 | m              |
| Distância do poço ao anteparo =  | 0,60   | m              |
| Diâmetro interno do poço =       | 2,00   | m              |
| Altura útil =                    | 0,50   | m              |
| Volume útil =                    | 1,57   | m <sup>3</sup> |
| Altura Total =                   | 0,785  | m              |
| Cota do Topo =                   | 47,077 |                |
| Profundidade do Poço de Sucção = | 2,969  | m              |

#### PV DE LANÇAMENTO DO RECALQUE

|                                  |        |
|----------------------------------|--------|
| PV:                              | PV-9A  |
| CT:                              | 34,081 |
| Cota da GI do recalque no lanç.: | 33,841 |
| Cota da GS do recalque no lanç.: | 33,991 |

#### PTO MAIS ALTO DO RECALQUE

|             |        |
|-------------|--------|
| CT          | 50,854 |
| GS recalque | 49,954 |

**DESNÍVEL GEOMÉTRICO:** 5,56 m

### 7.2.3. Linha de recalque LR-EEB 1

A verificação do diâmetro econômico de recalque foi feita utilizando a Fórmula de Bresser, conforme dados a seguir.

- Barrilete e Linha de Recalque da EEB-1

$$D = K * Q^{1/2}, \quad K = 1,2 \quad e \quad Q = 11,00 \text{ l/s}$$

$$D \text{ calculado} = 0,126 \text{ m} \quad D \text{ adotado} = 0,150 \text{ m}$$

$$\text{Velocidade} = 0,60 \text{ m/s}$$

O diâmetro adotado para o barrilete da EEB 1 e linha de recalque LR 1 será de DN = 150 mm.

A **Tabela 13:** Características da Linha de Recalque LR 1 Tabela 13 apresenta as características da linha de recalque.

**Tabela 13:** Características da Linha de Recalque LR 1

| CARACTERÍSTICA                       | VALOR  | UNIDADE    |
|--------------------------------------|--------|------------|
| Diâmetro da Tubulação                | 150    | milímetros |
| Extensão da Linha de Recalque        | 337    | metros     |
| N.A. Mínimo na Sucção                | 44,393 | metros     |
| Cota mais elevada do trajeto         | 49,954 | metros     |
| Desnível Geométrico de Recalque (Hg) | 5,56   | metros     |

### 7.2.4. Cálculo das Perdas Distribuídas e Localizadas

#### CÁLCULO DA PERDA DE CARGA DISTRIBUÍDA:

Conforme Fórmula Universal:  $h_f = f (LV^2/D2g)$

$$H_d = f \times \frac{L \times V^2}{D \times 2 \times g} \quad Re = \frac{V \times D}{\nu} \quad f = \frac{0,25}{\left[ \log \left( \frac{\epsilon}{3,7D} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2}$$



|                                          | Barrilete    | Recalque     |          |
|------------------------------------------|--------------|--------------|----------|
| Vazão de Projeto :                       | 0,0110       | 0,0110       | m³/s     |
| Diâmetro Interno:                        | 0,1524       | 0,1524       | m        |
| Área de Escoamento:                      | 0,0182       | 0,0182       | m²       |
| Velocidade do Fluxo:                     | 0,603        | 0,603        | m/s      |
| Viscosidade Cinemática:                  | 0,000001007  | 0,000001007  |          |
| Número de Reynolds:                      | 91.261,66    | 91.261,66    |          |
| Coef. Rugosidade "K":                    | 0,00025      | 0,00025      | m        |
| Coef de Perdas "f":                      | 0,024513     | 0,024513     |          |
| Perda de carga unitária "hf":            | 0,002984     | 0,002984     | m/m      |
| Comprimento tubo:                        | 5,00         | 337,00       | m        |
| <b>Perda de carga distribuída:</b>       | <b>0,015</b> | <b>1,055</b> | <b>m</b> |
| <b>Perda de carga distribuída total:</b> | <b>1,03</b>  | <b>m</b>     |          |

A Tabela 14 a seguir apresenta o cálculo do coeficiente K para determinação da perda de carga localizada no sistema devido às peças do barrilete e da linha de recalque da elevatória. Os valores de K para cada singularidade foram extraídos do livro Manual de Hidráulica de Azevedo Netto.

**Tabela 14:** Coeficiente K total – Barrilete da EEB 1 e LR 1

| Peças                                | DN  | Quant. | K    | K Total | V (m/s) | Kv²/2g (m) |
|--------------------------------------|-----|--------|------|---------|---------|------------|
| <b>Barrilete e Linha de Recalque</b> |     |        |      |         |         |            |
| <b>Ampliação</b>                     | 100 | 1      | 0,3  | 0,30    | 1,40    |            |
| <b>Curva 90°</b>                     | 150 | 4      | 0,4  | 1,60    |         |            |
| <b>Curva 45°</b>                     | 150 | 6      | 0,2  | 1,20    |         |            |
| <b>Válvula de Retenção</b>           | 150 | 1      | 2,5  | 2,5     |         |            |
| <b>Válvula Gaveta</b>                | 150 | 1      | 0,2  | 0,2     |         |            |
| <b>Tê Passagem direta</b>            | 150 | 1      | 0,60 | 0,6     |         |            |
| <b>Tê Saída Lateral</b>              | 150 | 1      | 1,30 | 1,30    |         |            |
| <b>Curva 22°</b>                     | 150 | 4      | 0,10 | 0,4     |         |            |
| <b>Saída canalização</b>             | 150 | 1      | 1,0  | 1,0     |         |            |
| Total                                |     |        |      | 9,10    |         |            |

O ponto de trabalho apontado pela curva do sistema foi:

- Hmanométrica = Hg + Hf distribuída + Hf localizada + folga
- Hmanométrica = 5,56 m + 1,03 + 0,21 + 0,40
- Hmanométrica = 7,20 mca



Determinação do K equivalente:

$$hl = \frac{k.v^2}{2.g}$$

Sendo:

hf localizada = 0,213 m

v = 0,60 m/s

g = 9,81 m/s<sup>2</sup>

Então, k equivalente

= 11,51

| Pnto. de Trabalho de Projeto |                  |
|------------------------------|------------------|
| <b>Qrec</b>                  | <b>11,00 l/s</b> |
| <b>Hman</b>                  | <b>7,19 mca</b>  |

NPSH disp: 9,169 m

### SELEÇÃO DOS CONJUNTOS MOTO-BOMBAS SUBMERSÍVEIS

Quantidade de bombas: 1 + 1 (rodízio)

Dados de entrada

Vazão Prevista 11,00 l/s

Desnível geométrico (Hg) 5,56 m

Diâmetro interno recalque 0,1524 m

Comprimento barrilete 5,00 m

Comprimento recalque 337,00 m

Perda de carga distribuída (Hd) 1,021 m

Peças (k) 11,51

Perda de carga localizada (Hl) 0,21 m

Folga na perda de carga 0,40 m

Altura Manométrica (hman) 7,20 m

NPSH disp: 9,169 m

### CURVA CARACTERÍSTICA DO SISTEMA:

| Vazão        |              | Velocidade  | PERDA DE CARGA |              |              |              | Altura Manométrica |
|--------------|--------------|-------------|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------------|
|              |              |             | Unitária       | Distribuída  | Localizada   | Total        |                    |
| (m³/h)       | (l/s)        | (m/s)       | (m/m)          | (m)          | (m)          | (m)          | (m)                |
| <b>39,60</b> | <b>11,00</b> | <b>0,60</b> | <b>0,0030</b>  | <b>1,021</b> | <b>0,213</b> | <b>1,234</b> | <b>7,19</b>        |
| 0            | 0,00         | 0,00        | 0,0000         | 0,000        | 0,000        | 0,000        | 5,96               |
| 7,2          | 2,00         | 0,11        | 0,0001         | 0,044        | 0,007        | 0,051        | 6,01               |
| 18           | 5,00         | 0,27        | 0,0007         | 0,237        | 0,044        | 0,281        | 6,24               |
| 25,2         | 7,00         | 0,38        | 0,0013         | 0,442        | 0,086        | 0,529        | 6,49               |
| 32,4         | 9,00         | 0,49        | 0,0021         | 0,704        | 0,143        | 0,847        | 6,81               |
| 39,6         | 11,00        | 0,60        | 0,0030         | 1,021        | 0,213        | 1,234        | 7,19               |
| 46,8         | 13,00        | 0,71        | 0,0041         | 1,390        | 0,298        | 1,688        | 7,65               |
| 54           | 15,00        | 0,82        | 0,0054         | 1,812        | 0,397        | 2,208        | 8,17               |

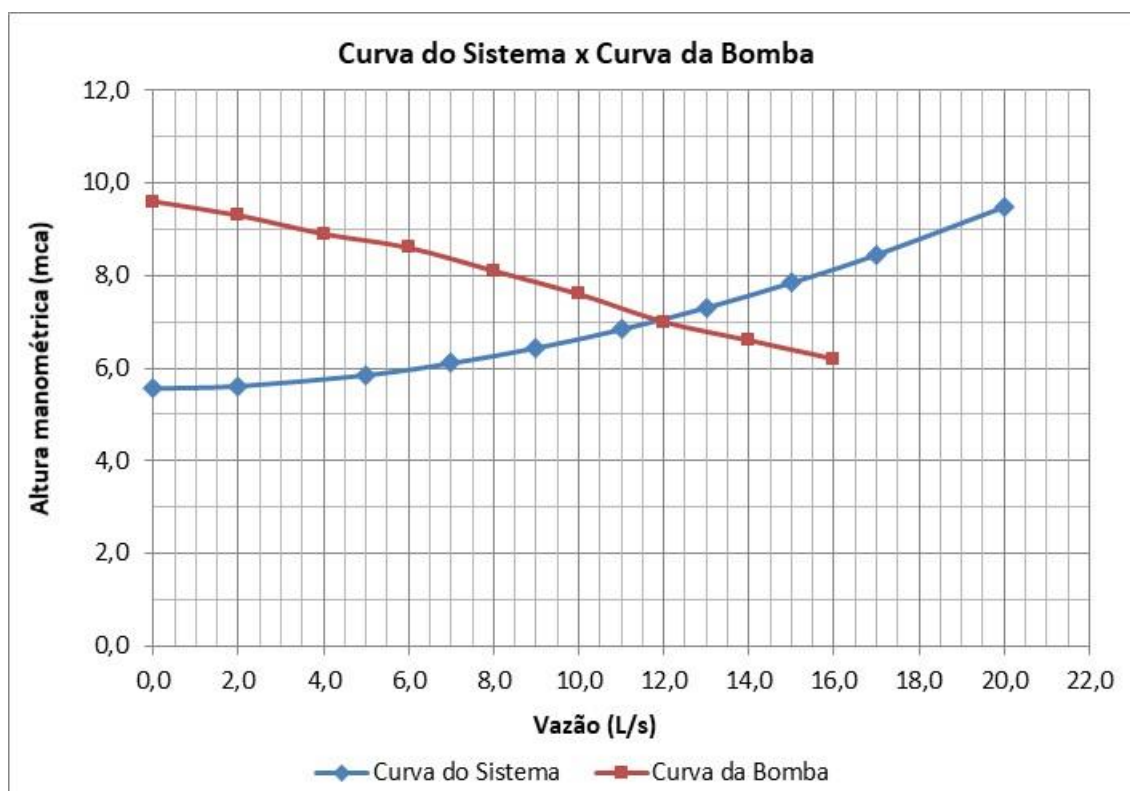
|      |       |      |        |       |       |       |      |
|------|-------|------|--------|-------|-------|-------|------|
| 61,2 | 17,00 | 0,93 | 0,0068 | 2,284 | 0,509 | 2,793 | 8,75 |
| 72   | 20,00 | 1,10 | 0,0092 | 3,084 | 0,705 | 3,789 | 9,75 |

### SELEÇÃO DO CONJUNTO MOTO-BOMBA SUBMERSÍVEL

#### Conjunto motobomba de referência:

|                      |                       |
|----------------------|-----------------------|
| Marca/Modelo         | EBARA – 80DL67.5 60HZ |
| Q (l/s)              | 11,00                 |
| Hm (mca)             | 7,22                  |
| Potência (cv)        | 3,00                  |
| Rendimento (%)       | 55,4                  |
| N polos              | 4,00                  |
| f (Hz)               | 60                    |
| Rotação (r.p.m)      | 1800                  |
| Submersão mínima (m) | 0,245                 |

A curva do conjunto moto-bomba selecionado é apresentada a seguir, na Figura 12.



**Figura 12 – EEB 1- Ponto de trabalho do conjunto moto-bomba – Modelo EBARA-80DL62.2.**

### 7.3. ESTAÇÃO ELEVATÓRIA EEB 2 E LINHA DE RECALQUE LR 2

A Elevatória de Esgoto Bruto EEB 2 localiza-se próxima a ETE PEVV – V, esta elevatória vai receber o efluente proveniente da EEB-01, IASES e PEVV-V.

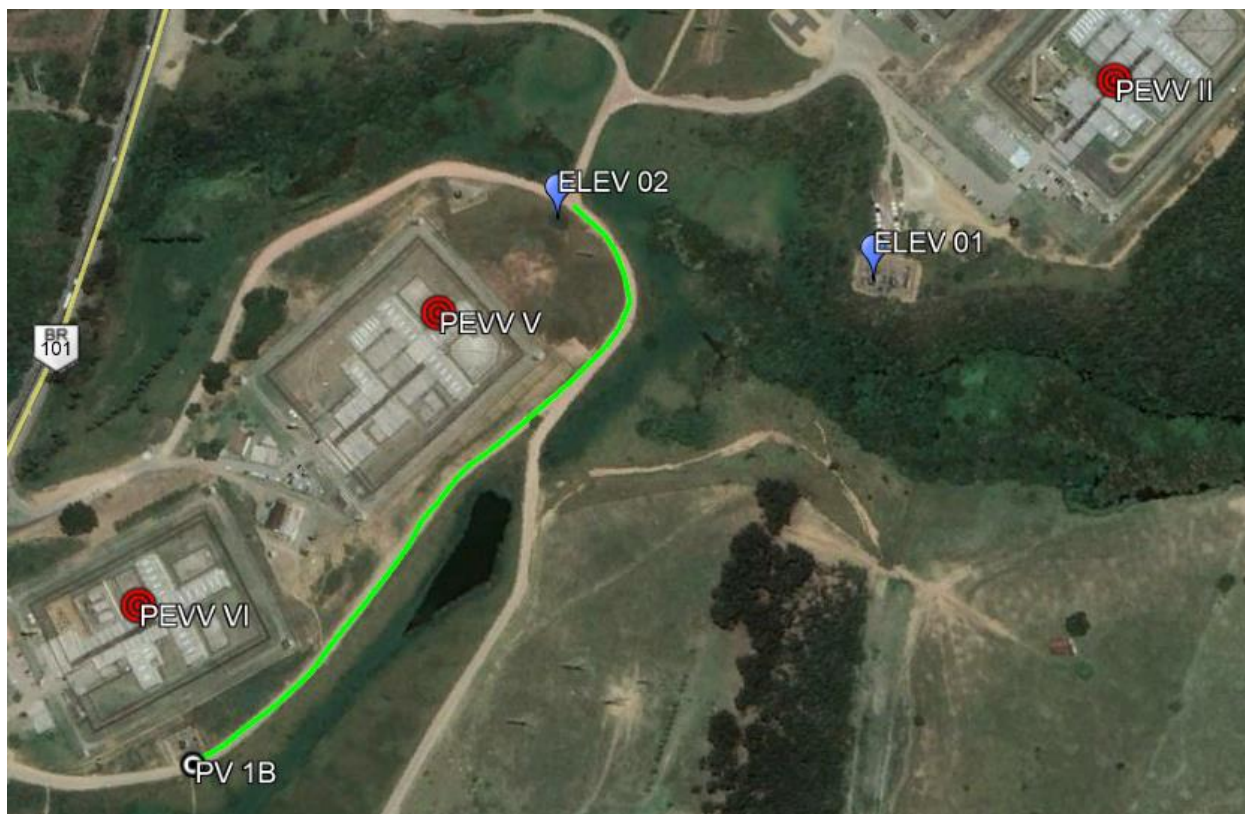
Após análise da topografia verificou-se que houve como reaproveitar a unidade existente pois a mesma está com cota acima da chegada da rede coletora.

Seu projeto atenderá às vazões especificadas na Tabela 15.

**Tabela 15:** Vazões de contribuição da EEB 02

| Local  | Vazão Afluente (l/s) - Qe |       |             |              | Vazão de Recalque (l/s) - Qb |
|--------|---------------------------|-------|-------------|--------------|------------------------------|
|        | Mínima                    | Média | Máx. diário | Máx. horário |                              |
| EEB-1  | 2,99                      | 5,98  | 7,18        | 10,76        | 11,00                        |
| IASES  | 0,26                      | 0,51  | 0,62        | 0,93         | -                            |
| PEVV-V | 1,30                      | 2,60  | 3,12        | 4,68         |                              |
| EEB-02 | 4,55                      | 9,09  | 10,92       | 16,37        | 17,00                        |

A elevatória foi dimensionada para atender uma vazão de recalque total de 17,00 l/s, constituída por dois conjuntos moto-bombas submersíveis, com funcionamento em rodízio, mantendo uma bomba em operação e outra em reserva. A Figura 13 apresenta a localização da EEB 2 e o caminhamento da LR 2 até o ponto de lançamento (PV 1B).



**Figura 13** – Localização ELEV-02 e caminhamento LR-2. (Fonte: Google Earth).

### 7.3.1. Gradeamento e Caixa de Areia

O grademaneto e a caixa de areia da elevatória é padrão CESAN com as seguintes dimensões.

**VERIFICAÇÃO DO DESARENADOR**

|                                                    |                                           |
|----------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Largura adotada =                                  | 0,90 m                                    |
| Comprimento Adotado =                              | 1,50 m                                    |
| Área Superficial =                                 | 1,35 m <sup>2</sup>                       |
| Taxa Aplicação Superficial p/ Q <sub>méd</sub> =   | 581,76 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d  |
| Taxa Aplicação Superficial p/ Q <sub>máx</sub> =   | 1047,68 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d |
| Quantidade material retido para Q <sub>méd</sub> = | 0,031 m <sup>3</sup> /d                   |
| Quantidade material retido para Q <sub>máx</sub> = | 0,057 m <sup>3</sup> /d                   |
| Período de limpeza =                               | 7 dias                                    |
| Volume retido entre as limpezas Q <sub>méd</sub> = | 0,22 m <sup>3</sup>                       |
| Volume retido entre as limpezas Q <sub>máx</sub> = | 0,22 m <sup>3</sup>                       |
| Profundidade depósito areia Q <sub>méd</sub> =     | 0,16 m                                    |
| Profundidade depósito areia Q <sub>máx</sub> =     | 0,16 m                                    |

**7.3.2. Poço de Sucção**

Para cálculo do poço de sucção, temos os seguintes dados:

- Q máx. horária = 16,37 l/s;
- Tempo de ciclo = 10 minutos
- Q<sub>b</sub> = 17,00 l/s = 1,02 m<sup>3</sup>/min
- V<sub>min</sub> = (Q<sub>b</sub> x Tempo ciclo)/4
- V = (1,2 x 10)/4 = 2,55 m<sup>3</sup>

Foi adotado um poço com 3,0m de diâmetro e 0,35m de altura útil. O volume útil do poço é de 2,475m<sup>3</sup>.

**Verificação do tempo de intermitência da partida das bombas:**

- Para atender o sistema temos:

Q<sub>e</sub> = vazão máxima diário afluente de final de plano = 10,92 l/s (0,655 m<sup>3</sup>/min);

Q<sub>b</sub> = 17,00 l/s = 1,02 m<sup>3</sup>/min

t = 10,6 minutos > 10 minutos → Ok!

**Verificação do tempo de detenção:**



$$T = V_d / Q_{med};$$

$V_d$  = Volume efetivo do poço = 3,36m<sup>3</sup> (área poço x (Altura útil/2 + submersão da bomba));

Para verificação do tempo de detenção, será adotado:

$$Q_{med} = \text{vazão média} = 9,09 \text{ l/s} = 0,545 \text{ m}^3/\text{min};$$

$$T = V_d / Q_{min} = (3,36 / 0,545) = 6,2 \text{ minutos}; < 30 \text{ minutos} \rightarrow \text{Ok!}$$

A Tabela 20 apresenta as características do poço de sucção da EEB 2.

**Tabela 16** - Características do poço de sucção da EEB 2.

| CARACTERÍSTICA                    | Valor | UNIDADE        |
|-----------------------------------|-------|----------------|
| Altura útil do poço de sucção     | 0,35  | m              |
| Diâmetro do poço de sucção        | 3,00  | m              |
| Volume útil do poço de sucção     | 2,47  | m <sup>3</sup> |
| Tempo máximo de detenção          | 6,2   | minutos        |
| Tempo de intermitência das bombas | 10,60 | minutos        |

### **CARACTERÍSTICAS DO POÇO DE SUCÇÃO**

|                                  |                     |
|----------------------------------|---------------------|
| Cota Entrada do Poço de Sucção = | 31,113 m            |
| Cota NA Alarme =                 | 31,113 m            |
| Cota NA Máximo =                 | 30,963 m            |
| Cota NA Mínimo =                 | 30,613 m            |
| Cota fundo =                     | 30,213 m            |
| Distância do poço ao anteparo =  | 0,80 m              |
| Diâmetro interno do poço =       | 3,00 m              |
| Altura útil =                    | 0,35 m              |
| Volume útil =                    | 2,47 m <sup>3</sup> |
| Altura Total =                   | 0,750 m             |
| Cota do Topo =                   | 35,500              |
| Profundidade do Poço de Sucção = | 5,287 m             |

### **PV DE LANÇAMENTO DO RECALQUE**

|                                  |        |
|----------------------------------|--------|
| PV:                              | PV-1B  |
| CT:                              | 44,631 |
| Cota da GI do recalque no lanç.: | 44,391 |
| Cota da GS do recalque no lanç.: | 44,541 |

### **PTO MAIS ALTO DO RECALQUE**

|             |        |
|-------------|--------|
| CT          | 44,631 |
| GS recalque | 43,731 |

**DESNÍVEL GEOMÉTRICO:** 13,93 m

### 7.3.3. Linha de recalque LR-EEB 1

A verificação do diâmetro econômico de recalque foi feita utilizando a Fórmula de Bresser, conforme dados a seguir.

- Barrilete e Linha de Recalque da EEB-1

$$D = K * Q^{1/2}, \quad K = 1,2 \quad \text{e} \quad Q = 17,00 \text{ l/s}$$

$$D \text{ calculado} = 0,156 \text{ m} \quad D \text{ adotado} = 0,200 \text{ m}$$

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

O diâmetro adotado para o barrilete da EEB 2 e linha de recalque LR 2 será de DN = 200 mm.

A **Tabela 13**: Características da Linha de Recalque LR 1 Tabela 17 apresenta as características da linha de recalque.

**Tabela 17 - Características da Linha de Recalque LR 1**

| CARACTERÍSTICA                       | VALOR  | UNIDADE    |
|--------------------------------------|--------|------------|
| Diâmetro da Tubulação                | 200    | milímetros |
| Extensão da Linha de Recalque        | 574    | metros     |
| N.A. Mínimo na Sucção                | 30,613 | metros     |
| Cota mais elevada do trajeto         | 44,541 | metros     |
| Desnível Geométrico de Recalque (Hg) | 13,93  | metros     |

### CÁLCULO DA PERDA DE CARGA DISTRIBUÍDA:

Conforme Fórmula Universal:  $hf = f (LV^2/D2g)$

$$H_d = f \times \frac{L \times V^2}{D \times 2 \times g} \quad Re = \frac{V \times D}{\nu} \quad f = \frac{0,25}{\left[ \log \left( \frac{\epsilon}{3,7D} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2}$$

|                               | Barrilete   | Recalque    |      |
|-------------------------------|-------------|-------------|------|
| Vazão de Projeto :            | 0,0170      | 0,0170      | m³/s |
| Diâmetro Interno:             | 0,2042      | 0,2042      | m    |
| Área de Escoamento:           | 0,0327      | 0,0327      | m²   |
| Velocidade do Fluxo:          | 0,519       | 0,519       | m/s  |
| Viscosidade Cinemática:       | 0,000001007 | 0,000001007 |      |
| Número de Reynolds:           | 105.262,54  | 105.262,54  |      |
| Coef. Rugosidade "K":         | 0,00025     | 0,00025     | m    |
| Coef de Perdas "f":           | 0,022993    | 0,022993    |      |
| Perda de carga unitária "hf": | 0,001548    | 0,001548    | m/m  |



### ENGESOLO ENGENHARIA LTDA.

Rua Alcobaça, 1.210 - Bairro São Francisco - CEP: 31.255-210  
Belo Horizonte-MG - Tel.: (31) 2103-4300 - Fax.: (31) 2103-4399  
E-mail: engesolo@engesolo.com.br - www.engesolo.com.br

|                                   |       |        |   |
|-----------------------------------|-------|--------|---|
| Comprimento tubo:                 | 5,00  | 574,00 | m |
| Perda de carga distribuída:       | 0,008 | 0,901  | m |
| Perda de carga distribuída total: | 0,91  | m      |   |

A Tabela 18 a seguir apresenta o cálculo do coeficiente K para determinação da perda de carga localizada no sistema devido às peças do barrilete e da linha de recalque da elevatória. Os valores de K para cada singularidade foram extraídos do livro Manual de Hidráulica de Azevedo Netto.

**Tabela 18 - Coeficiente K total – Barrilete da EEB 2 e LR 2**

| Peças                                | DN  | Quant. | K    | K Total | V (m/s) | Kv <sup>2</sup> /2g (m) |
|--------------------------------------|-----|--------|------|---------|---------|-------------------------|
| <b>Barrilete e Linha de Recalque</b> |     |        |      |         |         |                         |
| <b>Ampliação</b>                     | 100 | 1      | 0,3  | 0,30    | 2,16    | 0,072                   |
| <b>Curva 90°</b>                     | 200 | 4      | 0,4  | 1,60    | 0,52    | 0,022                   |
| <b>Curva 45°</b>                     | 200 | 2      | 0,2  | 0,4     | 0,52    | 0,005                   |
| <b>Válvula de Retenção</b>           | 200 | 1      | 2,5  | 2,5     | 0,52    | 0,007                   |
| <b>Válvula Gaveta</b>                | 200 | 1      | 0,2  | 0,2     | 0,52    | 0,003                   |
| <b>Tê Passagem direta</b>            | 200 | 1      | 0,60 | 0,6     | 0,52    | 0,034                   |
| <b>Tê Saída Lateral</b>              | 200 | 1      | 1,30 | 1,30    | 0,52    | 0,008                   |
| <b>Curva 22°</b>                     | 200 | 5      | 0,10 | 0,5     | 0,52    | 0,018                   |
| <b>Saída canalização</b>             | 200 | 1      | 1,0  | 1,0     | 0,52    | 0,014                   |
| Total                                |     |        |      | 8,40    |         | 0,194                   |

O ponto de trabalho apontado pela curva do sistema foi:

- Hmanométrica = Hg + Hf distribuída + Hf localizada + folga
- Hmanométrica = 13,93 m + 0,91 + 0,19 + 1,00
- Hmanométrica = 16,03 mca

Determinação do K equivalente:

$$hl = \frac{k.v^2}{2.g}$$

Sendo:

hf localizada = 0,194 m

v = 0,52 m/s

g = 9,81 m/s<sup>2</sup>

Então, k equivalente 14,11



=

| Pnto. de Trabalho de Projeto |           |
|------------------------------|-----------|
| Qrec                         | 17,00 l/s |
| Hman                         | 16,03 mca |

NPSH disp: 9,209 m

### SELEÇÃO DOS CONJUNTOS MOTO-BOMBAS SUBMERSÍVEIS

Quantidade de bombas: 1 + 1 (rodízio)

Dados de entrada

|                                 |           |
|---------------------------------|-----------|
| Vazão Prevista                  | 17,00 l/s |
| Desnível geométrico (Hg)        | 13,93 m   |
| Diâmetro interno recalque       | 0,2042 m  |
| Comprimento barrilete           | 5,00 m    |
| Comprimento recalque            | 582,00 m  |
| Perda de carga distribuída (Hd) | 0,909 m   |
| Peças (k)                       | 14,11     |
| Perda de carga localizada (Hl)  | 0,19 m    |
| Folga na perda de carga         | 1,00 m    |
| Altura Manométrica (hman)       | 16,03 m   |
| NPSH disp:                      | 9,209 m   |

### CURVA CARACTERÍSTICA DO SISTEMA:

| Vazão  |       | Velocidade | PERDA DE CARGA |             |            |       | Altura Manométrica |
|--------|-------|------------|----------------|-------------|------------|-------|--------------------|
|        |       |            | Unitária       | Distribuída | Localizada | Total |                    |
| (m³/h) | (l/s) | (m/s)      | (m/m)          | (m)         | (m)        | (m)   | (m)                |
| 61,20  | 17,00 | 0,52       | 0,0016         | 0,909       | 0,194      | 1,102 | 16,03              |
| 0      | 0,00  | 0,00       | 0,0000         | 0,000       | 0,000      | 0,000 | 14,93              |
| 10,8   | 3,00  | 0,09       | 0,0001         | 0,037       | 0,006      | 0,043 | 14,97              |
| 21,6   | 6,00  | 0,18       | 0,0002         | 0,132       | 0,024      | 0,156 | 15,08              |
| 32,4   | 9,00  | 0,27       | 0,0005         | 0,280       | 0,054      | 0,334 | 15,26              |
| 39,6   | 11,00 | 0,34       | 0,0007         | 0,406       | 0,081      | 0,487 | 15,42              |
| 46,8   | 13,00 | 0,40       | 0,0010         | 0,553       | 0,113      | 0,667 | 15,59              |
| 61,2   | 17,00 | 0,52       | 0,0016         | 0,909       | 0,194      | 1,102 | 16,03              |
| 68,4   | 19,00 | 0,58       | 0,0019         | 1,116       | 0,242      | 1,358 | 16,29              |
| 75,6   | 21,00 | 0,64       | 0,0023         | 1,343       | 0,296      | 1,639 | 16,57              |
| 86,4   | 24,00 | 0,73       | 0,0030         | 1,720       | 0,386      | 2,106 | 17,03              |

### SELEÇÃO DO CONJUNTO MOTO-BOMBA SUBMERSÍVEL

Conjunto motobomba de referência:

|              |                        |
|--------------|------------------------|
| Marca/Modelo | EBARA – 80DLM65.5 60HZ |
| Q (l/s)      | 17,00                  |
| Hm (mca)     | 16,48                  |



### ENGESOLO ENGENHARIA LTDA.

Rua Alcobaça, 1.210 - Bairro São Francisco - CEP: 31.255-210  
Belo Horizonte-MG - Tel.: (31) 2103-4300 - Fax.: (31) 2103-4399  
E-mail: engesolo@engesolo.com.br - www.engesolo.com.br

|                         |      |
|-------------------------|------|
| Potência (cv)           | 7,5  |
| Rendimento (%)          | 65,0 |
| N polos                 | 4,00 |
| f (Hz)                  | 60   |
| Rotação (r.p.m)         | 1800 |
| Submergência mínima (m) | 0,20 |

- A curva do conjunto moto-bomba selecionado é apresentada a seguir, na Figura 14.

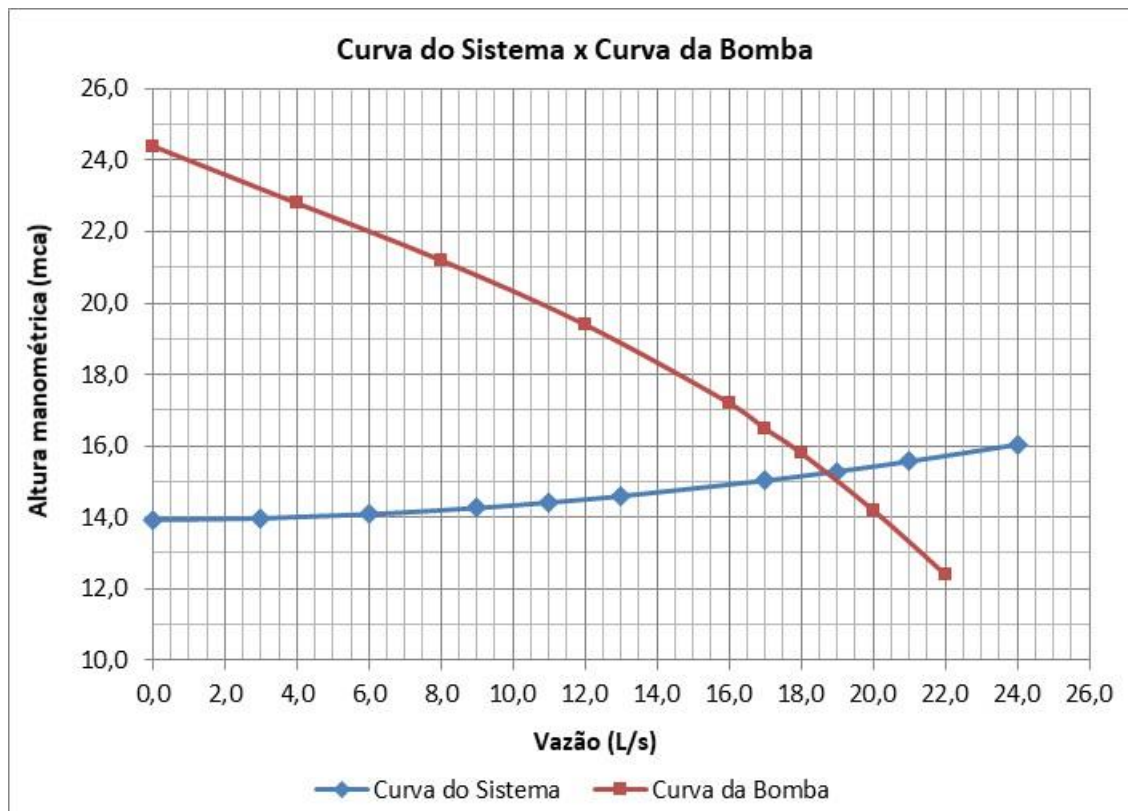


Figura 14 – EEB 2- Ponto de trabalho do conjunto moto-bomba – Modelo EBARA-80DLM65.5.

#### 7.4. ESTAÇÃO ELEVATÓRIA EEB 3 E LINHA DE RECALQUE LR 3

A Elevatória de Esgoto Bruto EEB 3 localiza-se entre a ETE PEVV – IV e a ETE PEVV VI (ETE's existentes a desativar). A EEB 3 recebe o efluente da EEB 2, PEVV-II, PEVV-IV, PEVV-VI e a Nova unidade. Seu projeto atenderá às vazões especificadas na **Erro! Fonte de eferência não encontrada.**

Tabela 19 - Vazões de contribuição da EEB 3

| Local | Vazão Afluente (l/s) - Qe |       |             |              | Vazão de Recalque (l/s) - Qb |
|-------|---------------------------|-------|-------------|--------------|------------------------------|
|       | Mínima                    | Média | Máx. diário | Máx. horário |                              |
| EEB-2 | 4,55                      | 9,09  | 10,92       | 16,37        | 17,00                        |





|           |      |       |       |       |       |
|-----------|------|-------|-------|-------|-------|
| PEVV-II   | 1,26 | 2,52  | 3,03  | 4,54  | -     |
| PEVV-IV   | 1,46 | 2,92  | 3,50  | 5,25  | -     |
| PEVV-VI   | 1,05 | 2,09  | 2,51  | 3,77  | -     |
| Nova unid | 1,38 | 2,76  | 3,32  | 4,97  | -     |
| EEB-02    | 9,70 | 19,38 | 23,28 | 34,90 | 35,50 |

A elevatória foi dimensionada para atender uma vazão total de 35,50 l/s, constituída por dois conjuntos moto-bombas submersíveis, com funcionamento em rodízio, mantendo uma bomba em operação e outra em reserva. A Figura 15 apresenta a localização da EEB 3 e o caminhamento da LR 3, o recalque lança na entrada do tratamento preliminar da estação de tratamento de esgoto.



**Figura 15** – Localização ELEV-03 e caminhamento LR-3. (Fonte: Google Earth)

#### 7.4.1. Gradeamento e Caixa de Areia

O grademaneto e a caixa de areia da elevatória é padrão CESAN com as seguintes dimensões.

##### VERIFICAÇÃO DO DESARENADOR

|                                                    |                                           |
|----------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Largura adotada =                                  | 1,10 m                                    |
| Comprimento Adotado =                              | 2,00 m                                    |
| Área Superficial =                                 | 2,20 m <sup>2</sup>                       |
| Taxa Aplicação Superficial p/ Q <sub>méd</sub> =   | 785,45 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d  |
| Taxa Aplicação Superficial p/ Q <sub>máx</sub> =   | 1370,62 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d |
| Quantidade material retido para Q <sub>méd</sub> = | 0,069 m <sup>3</sup> /d                   |
| Quantidade material retido para Q <sub>máx</sub> = | 0,121 m <sup>3</sup> /d                   |
| Período de limpeza =                               | 7 dias                                    |
| Volume retido entre as limpezas Q <sub>méd</sub> = | 0,48 m <sup>3</sup>                       |
| Volume retido entre as limpezas Q <sub>máx</sub> = | 0,48 m <sup>3</sup>                       |
| Profundidade depósito areia Q <sub>méd</sub> =     | 0,22 m                                    |
| Profundidade depósito areia Q <sub>máx</sub> =     | 0,22 m                                    |

#### 7.4.2. Poço de Sucção

Para cálculo do poço de sucção, temos os seguintes dados:

- Q máx. horária = 34,90 l/s;
- Tempo de ciclo = 10 minutos
- Q<sub>b</sub> = 35,50 l/s = 2,13 m<sup>3</sup>/min
- V<sub>min</sub> = (Q<sub>b</sub> x Tempo ciclo)/4
- V = (2,13 x 10)/4 = 5,33 m<sup>3</sup>

Foi adotado um poço com 3,0m de diâmetro e 0,75m de altura útil.

Verificação do tempo de intermitência da partida das bombas:

- Para atender o sistema temos:

Q<sub>e</sub> = vazão máxima afluente de final de plano = 23,28 l/s (1,40 m<sup>3</sup>/min);



$$Q_b = 35,50 \text{ l/s} = 2,13 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$t = 11,00 \text{ minutos} > 10 \text{ minutos} \rightarrow \text{Ok!}$$

Verificação do tempo de detenção:

$$T = V_d / Q_{med};$$

$$V_d = \text{Volume efetivo do poço} = 5,48 \text{ m}^3 (\text{Área poço} \times \text{Altura útil});$$

Para verificação do tempo de detenção, será adotado:

$$Q_{med} = \text{vazão média} = 20,00 \text{ l/s} = 1,2 \text{ m}^3/\text{min};$$

$$T = V_d / Q_{min} = (5,48 / 1,2) = 4,6 \text{ minutos}; < 30 \text{ minutos} \rightarrow \text{Ok!}$$

A Tabela 20 apresenta as características do poço de sucção da EEB 3.

**Tabela 20** - Características do poço de sucção da EEB 3.

| CARACTERÍSTICA                    | Valor | UNIDADE        |
|-----------------------------------|-------|----------------|
| Altura útil do poço de sucção     | 0,75  | m              |
| Diâmetro do poço de sucção        | 3,00  | m              |
| Volume útil do poço de sucção     | 5,30  | m <sup>3</sup> |
| Tempo máximo de detenção          | 4,6   | minutos        |
| Tempo de intermitência das bombas | 11,00 | minutos        |

### **CARACTERÍSTICAS DO POÇO DE SUÇÃO**

|                                  |                     |
|----------------------------------|---------------------|
| Cota Entrada do Poço de Sucção = | 37,300 m            |
| Cota NA Alarme =                 | 37,300 m            |
| Cota NA Máximo =                 | 37,200 m            |
| Cota NA Mínimo =                 | 36,450 m            |
| Cota fundo =                     | 35,950 m            |
| Distância do poço ao anteparo =  | 0,80 m              |
| Diâmetro interno do poço =       | 3,00 m              |
| Altura útil =                    | 0,75 m              |
| Volume útil =                    | 5,30 m <sup>3</sup> |
| Altura Total =                   | 1,250 m             |
| Cota do Topo =                   | 40,600              |
| Profundidade do Poço de Sucção = | 4,650 m             |

#### PV DE LANÇAMENTO DO RECALQUE

|                                  |        |
|----------------------------------|--------|
| PV:                              | ETE-TP |
| CT:                              | 51,500 |
| Cota da GI do recalque no lanç.: | 53,940 |
| Cota da GS do recalque no lanç.: | 54,306 |

#### PTO MAIS ALTO DO RECALQUE

|             |        |
|-------------|--------|
| CT          | 51,500 |
| GS recalque | 54,306 |

**DESNÍVEL GEOMÉTRICO:** 17,86 m

### 7.4.3. Linha de recalque LR-EEB 3

A verificação do diâmetro econômico de recalque foi feita utilizando a Fórmula de Bresser, conforme dados a seguir.

- Barrilete e Linha de Recalque da EEB-3

$$D = K * Q^{1/2}, \quad K = 1,2 \quad e \quad Q = 35,50 \text{ l/s}$$

$$D \text{ calculado} = 0,226 \text{ m} \quad D \text{ adotado} = 0,250 \text{ m}$$

$$\text{Velocidade} = 0,60 \text{ m/s}$$

O diâmetro adotado para o barrilete da EEB 3 e linha de recalque LR 3 será de DN = 250 mm. A **Tabela 13**: Características da Linha de Recalque LR 1 Tabela 21 apresenta as características da linha de recalque.

**Tabela 21** - Características da Linha de Recalque LR 3

| CARACTERÍSTICA                       | VALOR  | UNIDADE    |
|--------------------------------------|--------|------------|
| Diâmetro da Tubulação                | 250    | milímetros |
| Extensão da Linha de Recalque        | 524    | metros     |
| N.A. Mínimo na Sucção                | 36,450 | metros     |
| Cota mais elevada do trajeto         | 54,306 | metros     |
| Desnível Geométrico de Recalque (Hg) | 17,86  | metros     |

#### CÁLCULO DA PERDA DE CARGA DISTRIBUÍDA:

Conforme Fórmula Universal:  $h_f = f (LV^2/D2g)$

$$H_d = f \times \frac{L \times V^2}{D \times 2 \times g} \quad Re = \frac{V \times D}{\nu} \quad f = \frac{0,25}{\left[ \log \left( \frac{\epsilon}{3,7D} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2}$$

Vazão de Projeto :

**Barrilete**  
0,0355

**Recalque**  
0,0355 m³/s



**ENGESOLO ENGENHARIA LTDA.**  
Rua Alcobaça, 1.210 - Bairro São Francisco - CEP: 31.255-210  
Belo Horizonte-MG - Tel.: (31) 2103-4300 - Fax.: (31) 2103-4399  
E-mail: engesolo@engesolo.com.br - www.engesolo.com.br

|                                          |              |              |                |
|------------------------------------------|--------------|--------------|----------------|
| Diâmetro Interno:                        | 0,2554       | 0,2554       | m              |
| Área de Escoamento:                      | 0,0512       | 0,0512       | m <sup>2</sup> |
| Velocidade do Fluxo:                     | 0,693        | 0,693        | m/s            |
| Viscosidade Cinemática:                  | 0,000001007  | 0,000001007  |                |
| Número de Reynolds:                      | 175.747,08   | 175.747,08   |                |
| Coef. Rugosidade "K":                    | 0,00025      | 0,00025      | m              |
| Coef de Perdas "f":                      | 0,021283     | 0,021283     |                |
| Perda de carga unitária "hf":            | 0,002041     | 0,002041     | m/m            |
| Comprimento tubo:                        | 5,00         | 524,00       | m              |
| <b>Perda de carga distribuída:</b>       | <b>0,010</b> | <b>1,070</b> | <b>m</b>       |
| <b>Perda de carga distribuída total:</b> | <b>1,08</b>  | <b>m</b>     |                |

A Tabela 22 a seguir apresenta o cálculo do coeficiente K para determinação da perda de carga localizada no sistema devido às peças do barrilete e da linha de recalque da elevatória. Os valores de K para cada singularidade foram extraídos do livro Manual de Hidráulica de Azevedo Netto.

**Tabela 22 - Coeficiente K total – Barrilete da EEB 3 e LR 3**

| Peças                                | DN  | Quant. | K    | K Total | V (m/s) | Kv <sup>2</sup> /2g (m) |
|--------------------------------------|-----|--------|------|---------|---------|-------------------------|
| <b>Barrilete e Linha de Recalque</b> |     |        |      |         |         |                         |
| <b>Ampliação</b>                     | 150 | 1      | 0,3  | 0,30    | 2,01    | 0,062                   |
| <b>Curva 90°</b>                     | 250 | 4      | 0,4  | 1,60    | 0,69    | 0,039                   |
| <b>Curva 45°</b>                     | 250 | 4      | 0,2  | 0,8     | 0,69    | 0,020                   |
| <b>Válvula de Retenção</b>           | 250 | 1      | 2,5  | 2,5     | 0,69    | 0,061                   |
| <b>Válvula Gaveta</b>                | 250 | 1      | 0,2  | 0,2     | 0,69    | 0,005                   |
| <b>Tê Passagem direta</b>            | 250 | 1      | 0,60 | 0,6     | 0,69    | 0,015                   |
| <b>Tê Saída Lateral</b>              | 250 | 1      | 1,30 | 1,30    | 0,69    | 0,032                   |
| <b>Curva 22°</b>                     | 250 | 5      | 0,10 | 0,5     | 0,69    | 0,012                   |
| <b>Saída canalização</b>             | 250 | 1      | 1,0  | 1,0     | 0,69    | 0,024                   |
| Total                                |     |        |      | 8,80    |         | 0,284                   |

O ponto de trabalho apontado pela curva do sistema foi:

- Hmanométrica = Hg + Hf distribuída + Hf localizada + folga
- Hmanométrica = 17,86 m + 1,080 + 0,28 + 1,00
- Hmanométrica = 20,22 mca

Determinação do K equivalente:





$$hl = \frac{k.v^2}{2.g}$$

Sendo:

hf localizada = 0,284 m

v = 0,69 m/s

g = 9,81 m/s<sup>2</sup>

Então, k equivalente

= 11,60

### SELEÇÃO DOS CONJUNTOS MOTO-BOMBAS SUBMERSÍVEIS

Quantidade de bombas: 1 + 1 (rodízio)

Dados de entrada

Vazão Prevista 35,50 l/s

Desnível geométrico (Hg) 17,86 m

Diâmetro interno recalque 0,2554 m

Comprimento barrilete 5,00 m

Comprimento recalque 524,00 m

Perda de carga distribuída (Hd) 1,080 m

Peças (k) 11,60

Perda de carga localizada (Hl) 0,28 m

Folga na perda de carga 1,00 m

Altura Manométrica (hman) 20,22 m

NPSH disp: 8,699 m

| Pnto. de Trabalho de Projeto |                  |
|------------------------------|------------------|
| <b>Qrec</b>                  | <b>35,50 l/s</b> |
| <b>Hman</b>                  | <b>20,22 mca</b> |

NPSH disp: 8,699 m

### CURVA CARACTERÍSTICA DO SISTEMA:

| Vazão         |              | Velocidade  | PERDA DE CARGA |              |              |              | Altura Manométrica |
|---------------|--------------|-------------|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------------|
|               |              |             | Unitária       | Distribuída  | Localizada   | Total        |                    |
| (m³/h)        | (l/s)        | (m/s)       | (m/m)          | (m)          | (m)          | (m)          | (m)                |
| <b>127,80</b> | <b>35,50</b> | <b>0,69</b> | <b>0,0021</b>  | <b>1,080</b> | <b>0,284</b> | <b>1,364</b> | <b>20,22</b>       |
| 0             | 0,00         | 0,00        | 0,0000         | 0,000        | 0,000        | 0,000        | 18,86              |
| 18            | 5,00         | 0,10        | 0,0001         | 0,029        | 0,006        | 0,034        | 18,89              |
| 36            | 10,00        | 0,20        | 0,0002         | 0,104        | 0,023        | 0,126        | 18,98              |
| 54            | 15,00        | 0,29        | 0,0004         | 0,219        | 0,051        | 0,270        | 19,13              |
| 72            | 20,00        | 0,39        | 0,0007         | 0,374        | 0,090        | 0,464        | 19,32              |
| 90            | 25,00        | 0,49        | 0,0011         | 0,565        | 0,141        | 0,705        | 19,56              |
| 108           | 30,00        | 0,59        | 0,0015         | 0,791        | 0,203        | 0,994        | 19,85              |
| 126           | 35,00        | 0,68        | 0,0020         | 1,052        | 0,276        | 1,328        | 20,22              |



**ENGESOLO ENGENHARIA LTDA.**

Rua Alcobaça, 1.210 - Bairro São Francisco - CEP: 31.255-210

Belo Horizonte-MG - Tel.: (31) 2103-4300 - Fax.: (31) 2103-4399

E-mail: engesolo@engesolo.com.br - www.engesolo.com.br

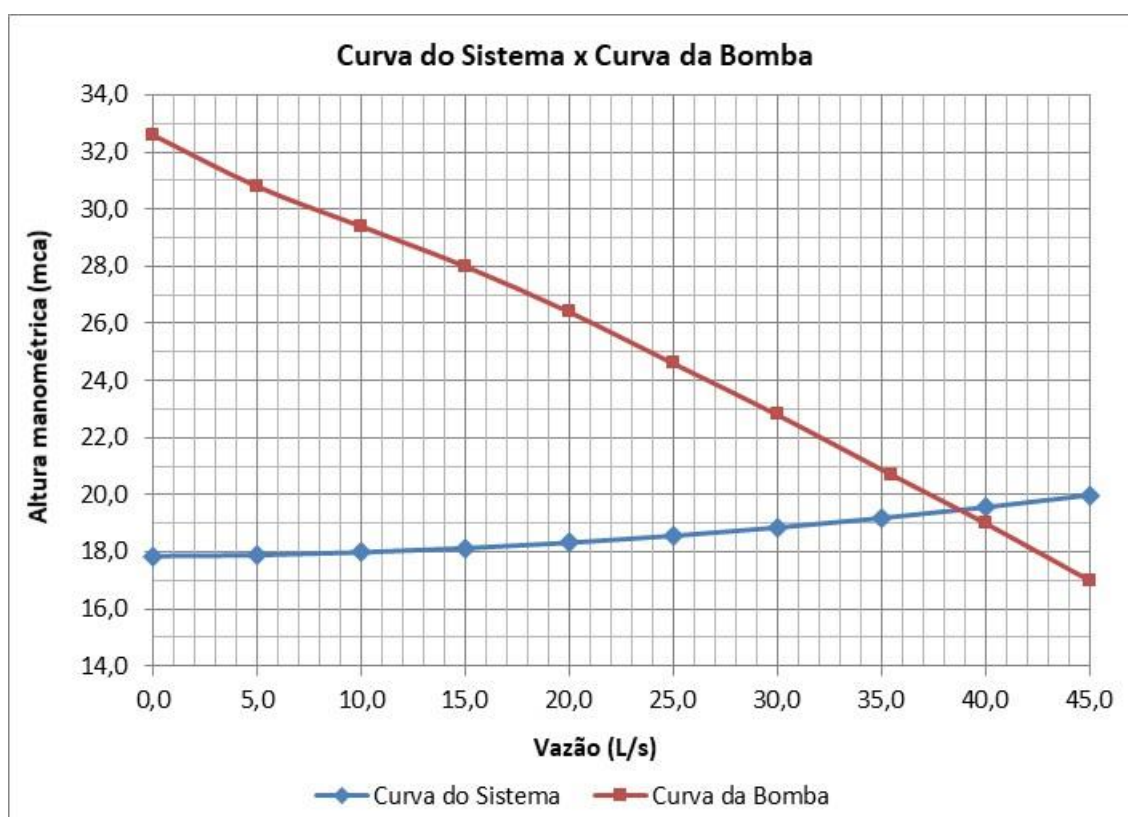
|     |       |      |        |       |       |       |       |
|-----|-------|------|--------|-------|-------|-------|-------|
| 144 | 40,00 | 0,78 | 0,0026 | 1,347 | 0,361 | 1,707 | 20,56 |
| 162 | 45,00 | 0,88 | 0,0032 | 1,675 | 0,456 | 2,131 | 20,99 |

### SELEÇÃO DO CONJUNTO MOTO-BOMBA SUBMERSÍVEL

#### Conjunto motobomba de referência:

|                      |                       |
|----------------------|-----------------------|
| Marca/Modelo         | EBARA – 80DL67.5 60HZ |
| Q (l/s)              | 35,50                 |
| Hm (mca)             | 20,71                 |
| Potência (cv)        | 12,50                 |
| Rendimento (%)       | 76,10                 |
| N polos              | 4,00                  |
| f (Hz)               | 60                    |
| Rotação (r.p.m)      | 1800                  |
| Submersão mínima (m) | 0,315                 |

A curva do conjunto moto-bomba selecionado é apresentada a seguir, na Figura 16.

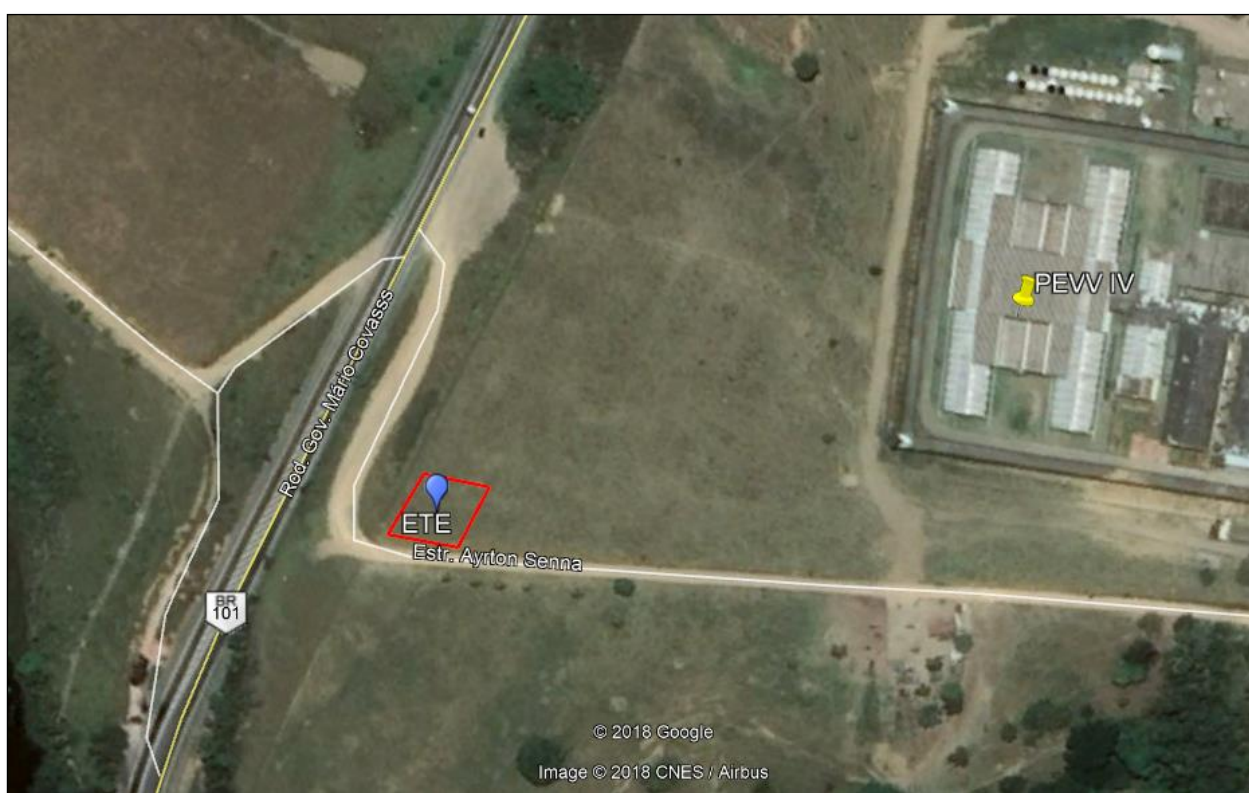


**Figura 16 – EEB 3- Ponto de trabalho do conjunto moto-bomba – Modelo EBARA-80DL67.5.**

## 8. ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS

O Sistema de Esgotamento Sanitário do Complexo Penitenciário de Xuri é de baixo porte e as tecnologias de tratamento empregadas são de baixa complexidade, baixos custos de operação e manutenção e simplicidade operacional. Após discussões em torno do estudo de concepção e em acordo com a CESAN, foi adotado um sistema de tratamento pré-fabricada.

A área considerada em torno das discussões do estudo de concepção e em acordo com a CESAN, delimitou-se um terreno com área de aproximadamente 3.186 m<sup>2</sup>, próximo a BR-101, respeitando a faixa de domínio do DNIT. A Figura 17 apresenta a localização da área da ETE considerada no projeto.



**Figura 17:** Localização da Estação de Tratamento de Esgoto projetada. (Fonte: Google Earth)

A unidade a ser proposta pelo fornecedor para a ETE Pré-Fabricada deverão considerar os limites da Planta de Implantação e Situação (desenho CESAN nº C-050-000-92-5-XX-0004), observando as demais unidades projetadas.

Após definição do fornecedor da ETE Pré-Fabricada, este ficará a cargo de ajustes de todos os projetos (hidráulico, estrutural e elétrico) para interligação com as demais unidades projetadas e alterações de equipamentos necessários para a tecnologia proposta de tratamento. Os ônus envolvido deste processo deverá ser considerado na elaboração da proposta.

### 8.1. QUALIDADE DO ESGOTO AFLUENTE À ETE

A Estação de Tratamento de Esgoto foi dimensionada considerando os dados abaixo:

- Vazão afluente à ETE média ( $Q_{\text{média}}$ ): 20,0 L/s (1.728 m<sup>3</sup>/d);
- Vazão afluente à ETE máxima ( $Q_{\text{máx}}$  horária): 35,23 L/s (3.043 m<sup>3</sup>/d);

**Tabela 23. Parâmetros utilizados SES Complexo Xuri.**

| PARÂMETROS                             | VALOR ADOTADO   |
|----------------------------------------|-----------------|
| DBO (mg/l)                             | 220             |
| DQO (mg/l)                             | 440             |
| SST (mg/l)                             | 300             |
| NTK (mg/l)                             | 45              |
| NH3 (mg/l)                             | 25              |
| P (mg/l)                               | 7               |
| Coliformes Termotoletantes (NMP/100ml) | 10 <sup>8</sup> |

### 8.2. PRÉ-TRATAMENTO

#### 8.2.1. Gradeamento

Os sólidos grosseiros lançados indevidamente no esgoto podem danificar os equipamentos das etapas subsequentes, provocando obstruções, bem como interferir nos processos de depuração provocando odores indesejáveis.

A remoção desses sólidos grosseiros normalmente é realizada através de gradeamento, por unidades de grades de barras.

#### 8.2.2. Desarenador

Após o gradeamento o efluente passa por uma caixa de areia ou desarenador. Nessa fase é removida a matéria sólida de natureza inorgânica, em geral, partículas de areia, silte e cascalho, carregadas pelas águas pluviais.

A não remoção da areia pode causar desgastes nos equipamentos e tubulações a jusante, obstrução de tubulações e outras unidades da ETE, além de dificultar o transporte e manuseio das fases líquida e sólida.

O objetivo do desarenador é portanto, evitar o acúmulo de material inerte nas unidades subsequentes. Na saída da unidade desarenadora, será instalada a Calha Parshall com o objetivo de controlar o nível d'água.

### **8.2.3. Caixa de Gordura**

Os óleos e graxas são substâncias orgânicas de origem mineral, vegetal ou animal. Estas substâncias geralmente são hidrocarbonetos, gorduras, ésteres, entre outros. Quando em excesso, há dificuldade de degradação em processos biológicos devido a sua baixa solubilidade, formando filme e impedindo a transferência de oxigênio do ar para a água, e consequentemente, aumentando a carga orgânica em corpos d'água – poluição difusa.

Para o tratamento biológico em reatores aeróbios e anaeróbios, concentrações elevadas de óleos e graxas inibem o crescimento biológico. Isso acontece pois o óleo adere ao floco de lodo, inibindo as trocas gasosas e de nutrientes. Nos reatores anaeróbios, a presença de óleo impede a fase metanogênica e libera muito ácido volátil, causando odor.

A formação e acúmulo de espuma no reator, tanto no interior do coletor de gases quanto no decantador, também é outra consequência negativa da presença de óleos e graxas em concentrações elevadas.

Sendo assim, as caixas de gordura são importantíssimas para impedir que a gordura entre nos sistemas aeróbios e anaeróbios, afim de não provocar entupimento e colapso no tratamento. Ela deve apresentar condições de tranquilidade suficiente para permitir a flutuação da gordura.

## **8.3. ELEVATÓRIA ESGOTO BRUTO E RECIRCULAÇÃO**

A estação elevatória recebe o efluente bruto tratado no tratamento primário. Todo o efluente, clarificado, descargas do tanque de contato, o lodo de lavagem dos biofiltros e de descarte do decantador secundário, na ocasião em que estes reatores forem submetidos à lavagem do meio granular. O efluente é então bombeado o reator UASB.

## **8.4. TRATAMENTO SECUNDÁRIO**

### **8.4.1. Reator Anaeróbio de Manta de Lodo e Fluxo Ascendente (UASB)**

O reator UASB é composto por um leito de lodo biológico (biomassa) denso e de elevada atividade metabólica, no qual ocorre a digestão anaeróbia da matéria orgânica do esgoto em fluxo ascendente. A biomassa pode apresentar-se em flocos ou em grânulos de 1 a 5 mm de tamanho. O perfil de sólidos no reator varia de muito denso e com partículas granulares de



elevada capacidade de sedimentações próximas ao fundo (leito de lodo), até um lodo mais disperso e leve, próximo ao topo do reator (manta de lodo).

O cultivo de um lodo anaeróbio de boa qualidade é conseguido através de um processo cuidadoso de partida, durante o qual a seleção da biomassa é imposta, permitindo que o lodo mais leve, de má qualidade, seja arrastado para fora do sistema, ao mesmo tempo em que, o lodo de boa qualidade é retido.

O leito de lodo normalmente se desenvolve no fundo do reator e apresenta uma concentração de sólidos totais da ordem de 40 a 100 g ST/l. Usualmente, não se utiliza qualquer dispositivo mecânico de mistura, uma vez que estes parecem ter um efeito adverso na agregação do lodo, e, conseqüentemente, na formação de grânulos.

#### **8.4.2. BioFiltro Aerado Submerso (BF)**

Os BF's são reatores biológicos à base de culturas de microrganismos fixas sobre um meio suporte. O BF nitrificante é constituído por um tanque preenchido com material filtrante e aerado artificialmente. O leito filtrante tem a função de servir de meio suporte para as colônias de bactérias, através deste leito esgoto e ar fluem permanentemente, ambos com fluxo ascendente.

Na quase totalidade dos processos existentes, o meio filtrante é mantido sob total imersão pelo fluxo hidráulico, caracterizando os BF's como reatores trifásicos compostos por:

Fase sólida - Constituída pelo meio suporte e pelas colônias de micro-organismos que nele se desenvolvem sob a forma de um filme biológico (biofilme). A fase sólida, além de servir de meio suporte para as colônias bacterianas depuradoras, constitui-se em um eficiente meio filtrante.

Fase líquida - Composta pelo líquido em permanente escoamento através do meio granular.

Fase gasosa - Formada pela aeração artificial e, em reduzida escala, pelos gases subprodutos da atividade biológica no reator.

A principal característica do BF é a sua capacidade de realizar, no mesmo reator, a remoção de compostos orgânicos, nitrogênio e amônias solúveis e de partículas em suspensão presentes no esgoto.

A função dos BF's será a de garantir o polimento do efluente anaeróbio do reator UASB. Este processo de tratamento é capaz de produzir um efluente de excelente qualidade, sem a necessidade de uma etapa complementar de clarificação.

A DBO5 e uma fração do nitrogênio amoniacal remanescente do UASB serão oxidadas através da grande atividade do biofilme aeróbio. Lavagens periódicas são necessárias para eliminar o excesso de biomassa acumulada no meio granular, mantendo as perdas de carga hidráulica através do meio filtrante em níveis aceitáveis.

Os BF's possuem um sistema de distribuição de ar constituído de difusores de membrana de bolha fina, no qual um soprador injeta ar na base dos BF's onde é uniformemente distribuído.

A lavagem do BF é uma operação que compreende diversas descargas hidráulicas sequenciais de ar e água de lavagem (retro lavagem).

Uma intensa atividade de nitrificação é observada no compartimento aerado do filtro biológico, devido à ausência de carbono orgânico. O que favorece o desenvolvimento das bactérias nitrificantes sem competição pelo oxigênio dissolvido.

#### **8.4.3. Decantador Secundário**

O decantador secundário é um dispositivo de segurança, para a retenção de partículas de lodo que, por ventura, vierem a se desprender da camada filtrante do BF.

#### **8.5. ELEVATÓRIA DO EFLUENTE TRATADO**

A elevatória de efluente tratado tem como objetivo receber o efluente tratado proveniente do sistema de tratamento e recalca-lo até o ponto de lançamento no Rio Claro, especificamente nas coordenadas geográficas UTM E=345.300,872m e N=7.736.222,254m.

Após análise topográfica e elaboração dos cálculos verificou-se que há uma diferença de cota considerável favorecendo que parte do emissário seja por gravidade. O primeiro trecho do emissário recalcado possui diâmetro DN200mm com extensão de 640 metros até à estaca 28+16,25m, a partir deste ponto o emissário passa a ser por gravidade com diâmetro DN250mm com extensão 1.456 metros.

O ponto de transição entre o trecho de recalque e o trecho por gravidade foi projetada uma caixa quebra pressão com o objetivo de manter a integridade das tubulações a jusante e a montante.

#### **8.6. DESINFECÇÃO DO EFLUENTE TRATADO PARA REUSO**

Para desinfecção do efluente tratado para ser reutilizado nas bacias sanitárias foram adotados sistemas de cloração através do sistema tipo gerador de cloro ativo.

O sistema será composto por um reservatório de salmoura, dosagem de salmoura e água de diluição, reator/gerador de cloro, bomba centrífuga, reservatório de cloro e sistema de aplicação/dosagem de cloro. Foi previsto a implantação de um tanque de contato para a realização da cloração.

#### 8.7. TRATAMENTO DO BIOGÁS

Um dos subprodutos da decomposição anaeróbia (REATOR UASB) é a formação de gases tais como gás metano e gás sulfídrico. O primeiro é altamente energético enquanto o segundo é gerador de odor fétido, frequente nos sistemas anaeróbios além de também ser energético.

Devido às características intrínsecas de cada gás, promove-se a queima controlada em “Queimadores de Biogás”. Estes consistem num sistema de queima dos gases de forma constante e de ignição manual, acompanhado de dispositivo de segurança tipo corta chama. Existe ainda, a possibilidade de reuso do biogás como fonte de energia.

O fornecedor da ETE Compacta deverá prever, caso necessário, unidade de tratamento de Biogás. Os equipamentos e sua interligação ao sistema deverão ser especificados e fornecidos pelo fabricante da ETE Pré-Fabricada.

#### 8.8. DESIDRATAÇÃO E ESTABILIZAÇÃO DO LODO DE DESCARTE

As principais etapas do gerenciamento do lodo e os principais processos utilizados são: digestão, desaguamento e disposição final.

Em estações cujo tratamento é a associação de reatores UASB, o lodo gerado pode ser encaminhado diretamente para o desaguamento. Nesse projeto o desaguamento será realizado através de leitos de secagem.

## 9. DIMENSIONAMENTO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS

Na área da ETE, serão dimensionadas as seguintes unidades:

- Gradeamento
- Caixa de areia;
- Calha parshall;
- Caixa de gordura;
- Estação elevatória de esgoto bruto e recirculação;
- Biofiltro (tratamento do ar);
- Tratamento secundário compacto;
- Estação elevatória do efluente tratado;
- Unidade de desinfecção para efluente do reuso;
- Leitos de Secagem;

O Tratamento secundário será compacto e deverá ser dimensionado pelo fabricante considerando as características citadas neste relatório.

### 9.1. GRADEAMENTO

Foram adotados dois gradeamentos:

- ✓ gradeamento médio de limpeza manual, com as seguintes características:

Espaçamento entre barras (a) = 30 mm

Espessura da barra (t) = 10 mm

Inclinação da barra em relação a horizontal = 60°

- ✓ gradeamento fino de limpeza manual, com as seguintes características:

Espaçamento entre barras (a) = 15 mm

Espessura da barra (t) = 10 mm

Inclinação da barra em relação a horizontal = 60°

#### Dimensionamento

Cálculo da área útil da grade:

A área útil é determinada a partir da velocidade adotada entre as barras da grade. Nesse cálculo foi adotada uma velocidade através de grade igual a 1,0 m/s. Assim:

$$A_u = \frac{Q_{m\acute{a}x}}{v}$$

Onde:

$A_u$ : área útil (m<sup>2</sup>);

$Q_{m\acute{a}x}$ : vazão máxima afluente (m<sup>3</sup>/s);

$v$ : velocidade através da grade (m/s).

Dessa forma, tem-se:

Área útil da grade média:

$$A_{u\text{ média}} = 0,04 \text{ m}^2$$

Área útil da grade fina:

$$A_{u\text{ fina}} = 0,04 \text{ m}^2$$

Eficiência da grade:

$$E = \frac{a}{(a + t)}$$

Onde:

E: eficiência da grade;

a: abertura da grade (mm);

t: espessura da barra da grade (mm).

Então, para grade média temos:

$$E \text{ (média)} = 0,75$$

Para a grade fina temos:

$$E \text{ (fina)} = 0,60$$

Área total:

$$A = \frac{A_u}{E}$$

Onde:



A: área total (m<sup>2</sup>);

Au: área útil (m<sup>2</sup>);

E: eficiência da grade.

Então, para a grade média temos:

$$A \text{ (média)} = 0,05 \text{ m}^2$$

E para a grade fina:

$$A \text{ (fina)} = 0,06 \text{ m}^2$$

Altura da lâmina d'água antes do rebaixo:

$$h_{m\acute{a}x} = H_{m\acute{a}x} - Z$$

Onde:

h<sub>máx</sub>: altura máxima da lâmina d'água antes do rebaixo (m);

H<sub>máx</sub>: altura máxima da lâmina d'água (m);

Z: altura do rebaixo antes do medidor Parshall (m).

Então:

$$Z = 0,05 \text{ m}$$

Largura do canal:

$$b = \frac{A}{h_{m\acute{a}x}}$$

Onde:

b: largura do canal (m);

A: área total (m<sup>2</sup>);

h<sub>máx</sub>: altura máxima da lâmina d'água antes do rebaixo (m).

Obtém-se então, para a grade média:

$$B \text{ (média)} = 0,26 \text{ m}$$

Para a grade fina, temos:

$$B \text{ (fina)} = 0,33 \text{ m}$$

Foi adotado um canal de 0,65 m de largura para ambas as grades.

Verificação das velocidades:

Segundo a ABNT NBR 12209:2011, a velocidade através da grade deverá estar entre 0,6 m/s e 1,2 m/s.

As velocidades calculadas na grade média e grade fina estão apresentadas nas Tabela 24 e Tabela 25, respectivamente:

Tabela 24 - Cálculo da velocidade através da grade média

| Vazão (m3/s) |      | Altura (m)<br>$h = H - Z$ | Área (m2)<br>$A = b \times h$ | Área útil (m2)<br>$A_u = A \times E$ | Velocidade (m/s)<br>$v = Q/A_u$ |
|--------------|------|---------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|
| Mínima       | 0,01 | 0,05                      | 0,03                          | 0,02                                 | 0,41                            |
| Média        | 0,02 | 0,11                      | 0,07                          | 0,05                                 | 0,38                            |
| Máxima       | 0,04 | 0,18                      | 0,12                          | 0,09                                 | 0,41                            |

Tabela 25 - Cálculo da velocidade através da grade fina

| Vazão (m3/s) |      | Altura (m)<br>$h = H - Z$ | Área (m2)<br>$A = b \times h$ | Área útil (m2)<br>$A_u = A \times E$ | Velocidade (m/s)<br>$v = Q/A_u$ |
|--------------|------|---------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|
| Mínima       | 0,01 | 0,05                      | 0,03                          | 0,02                                 | 0,51                            |
| Média        | 0,02 | 0,11                      | 0,07                          | 0,04                                 | 0,48                            |
| Máxima       | 0,04 | 0,18                      | 0,12                          | 0,07                                 | 0,51                            |

Embora, em algumas situações, a velocidade calculada esteja ligeiramente abaixo de 0,6 m/s, optou-se em manter o canal com 0,65m de largura. Canais de gradeamento com largura inferior a 0,65 m, dificultam a limpeza e manutenção das grades.

Cálculo da perda de carga na grade:

A perda de carga é calculada pela equação a seguir, considerando uma obstrução máxima de 50%.

$$h_f = \frac{1,43 \times (v_0^2 - v^2)}{2 \times g}$$

Onde:

$h_f$ : perda de carga na grade (m);

$v_0$ : velocidade através da grade correspondente à vazão máxima (m/s) –  $v_0 = 2 \times v_{máx}$

$v$ : velocidade a montante da grade (m/s) –  $v = v_{máx} \times E$ ;

g: aceleração da gravidade ( $9,8 \text{ m/s}^2$ ).

Obtém-se assim, para a grade média:

$$H_f (\text{média}) = 0,04 \text{ m}$$

Para a grade fina:

$$H_f (\text{fina}) = 0,07 \text{ m}$$

Para grades de limpeza manual como é o caso do Complexo Penitenciário de Xuri, a perda de carga deve estar abaixo de  $0,15 \text{ m}$ . O resultado tanto para a grade fina quanto a média atende este requisito.

## 9.2. CAIXA DE AREIA

Os seguintes dados são considerados para o dimensionamento do desarenador:

- Vazão máxima de esgoto afluyente ( $Q_{\text{máx}}$ ) =  $35,23 \text{ l/s}$
- Velocidade média de escoamento para a seção transversal =  $0,29 \text{ m/s}$
- Velocidade máxima de escoamento para a seção transversal =  $0,31 \text{ m/s}$

### Largura do desarenador:

Considerando-se uma velocidade de escoamento de  $0,30 \text{ m/s}$  na caixa de areia, tem-se:

$$b = \frac{Q_{\text{máx}}}{v \times h_{\text{máx}}}, \text{ onde:}$$

- b: largura do desarenador (m);
- $Q_{\text{máx}}$ : vazão máxima afluyente ( $\text{m}^3/\text{s}$ );
- v: velocidade de escoamento no desarenador,  $0,30 \text{ m/s}$ ;
- $h_{\text{máx}}$ : altura máxima da lâmina d'água antes do rebaixo (m).

Dessa forma, obtém-se:

$$b = 0,65 \text{ m.}$$

### Comprimento do desarenador:

$$L = 22,5 \times h_{\text{máx}}$$

Onde:

- L: comprimento do desarenador (m);
- $h_{\text{máx}}$ : altura máxima da lâmina d'água antes do rebaixo (m).



Obtém-se assim:

$$L = 3,99 \text{ m.}$$

O comprimento L adotado foi de 4,00 m para atendimento da taxa de escoamento superficial, que conforme NBR 12209:2011, deve estar entre 600 e 1300 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.dia.

De acordo com a ABNT NBR 12209:2011, a seção transversal do desarenador deve ser tal que a velocidade de escoamento esteja entre 0,25 m/s e 0,40 m/s. Com a largura b = 0,65 m adotada, essa velocidade encontra-se dentro do limite inferior especificado na norma. Os valores obtidos ficaram entre 0,29 m/s para vazão média e 0,31 m/s para a vazão máxima.

Jordão e Pessôa (2009, pa.185) afirmam que é usual o condicionamento da velocidade do fluxo horizontal de escoamento em torno de 0,30m/s, pois velocidades acima deste valor podem acarretar no arraste de partículas menores do que se deseja remover. Já em relação à velocidade mínima, os autores afirmam que velocidades em torno de 0,15 m/s causarão sedimentação de matéria orgânica.

Sendo assim, a largura de 0,65m adotada foi mantida, pois as velocidades resultantes, estão acima dos valores aceitáveis e não chegam a causar a sedimentação de matéria orgânica.

#### **Taxa de Aplicação Superficial:**

$$T_x = \frac{Q}{A}$$

Onde:

- $T_x$  = taxa de escoamento superficial (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.d);
- $Q$  = vazão (m<sup>3</sup>/d);
- $A$  = área superficial (m<sup>2</sup>).

Dessa forma obtém-se:

Para vazão média:  $T_x = 665 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$

Para vazão máxima:  $T_x = 1171 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$

Foram adotados dois canais desarenadores com as seguintes características:

Remoção manual de areia

- Largura = 0,65 m
- Comprimento = 4,00 m



- Profundidade = 0,45 m

### 9.3. CALHA PARSHALL

A Calha Parshall selecionada para a faixa de vazão deste projeto é a W = 6”.

$$Q = K \times H^n,$$

Onde:

- Q= vazão em m³/s;
- H = é carga na seção convergente em m;

Para Calha 6” → n = 0,152 e K = 0,076;

$$Q = 0,176 \times H^{0,152}$$

Para Qmáx. = 0,035 m³/s, temos:

$$0,035 = 0,176 \times H^{0,152}$$

$$\mathbf{H_{máx.} = 0,223 \text{ m}}$$

Para Qmin. = 0,0098 m³/s, temos:

$$0,0098 = 0,176 \times H^{0,152}$$

$$\mathbf{H_{min.} = 0,095 \text{ m}}$$

A calha parshall deverá ser construída com rebaixo de z metros:

$$Q_{min.} / Q_{max} = (H_{min} - z) / (H_{max} - z)$$

$$0,0098 / 0,035 = (0,095 - z) / (0,223 - z)$$

$$\mathbf{z = 0,05 \text{ m}}$$

### 9.4. CAIXA DE GORDURA

Considerando um tempo de detenção de 3 minutos, determina-se o volume útil por:

$$V_u = \theta * Q_{máx}, \text{ onde:}$$

- Vu: volume útil (m³);
- Qmáx: vazão máxima afluyente (m³/s);
- θ: tempo de detenção hidráulico (s).

Obtendo-se:





$$V_u = 21,14 \text{ m}^3$$

**Cálculo da área superficial:**

Considerando-se uma taxa de 325,2 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.dia (média entre dados fornecidos por Gonçalves, UNESC e Nunes), determina-se a área superficial por:

$$A = \frac{Q_{\text{máx}}}{T_x}, \text{ onde:}$$

- A: área superficial (m<sup>2</sup>);
- Q<sub>máx</sub>: vazão máxima afluyente (m<sup>3</sup>/s);
- T<sub>x</sub>: taxa de escoamento superficial (325,2 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.dia).

Obtendo-se a seguinte área:

$$A = 9,36 \text{ m}^2$$

**Cálculo das dimensões:**

$$L \times b = A, \text{ onde:}$$

- L: comprimento da caixa de gordura (m);
- b: largura da caixa de gordura (m);
- A: área da caixa de gordura (m<sup>2</sup>).

Considerando uma relação comprimento / largura de 1,5 obtém-se:

$$b = 2,50 \text{ m, adotado } b = 2,50 \text{ m}$$

$$L = 3,75 \text{ m, adotado } L = 3,70 \text{ m}$$

A altura útil é dada por:

$$h_u = \frac{V_u}{A}, \text{ onde:}$$

- h<sub>u</sub>: altura útil (m);
- V<sub>u</sub>: volume útil (m<sup>3</sup>);
- A: área da caixa de gordura (m<sup>2</sup>);

Desse modo, obtém-se:

$$h_u = 2,28 \text{ m}$$

## 9.5. ELEVATÓRIA DE ESGOTO BRUTO E RECIRCULAÇÃO

A elevatória de esgoto bruto e recirculação receberá os esgotos provenientes da unidade de pré-tratamento e os efluentes que recirculam na estação de tratamento de esgoto. O recalque dessa elevatória será encaminhado para a entrada da ETE Pré-Fabricada.

O projeto da elevatória foi dimensionado de acordo com o disposto na Norma Brasileira NBR 12208 “Projeto de Estações Elevatórias de Esgotos Sanitários” e atendendo as diretrizes técnicas e operacionais da CESAN.

O dimensionamento do poço de sucção desta elevatória segue a metodologia descrita neste relatório e é apresentado a seguir.

### 9.5.1. Poço de Sucção

Para cálculo do poço de sucção, temos os seguintes dados:

- $Q$  máx. horária = 35,23 l/s;
- Tempo de ciclo = 10 minutos
- $Q_b = 35,50$  l/s = 2,13 m<sup>3</sup>/min
- $V_{min} = (Q_b \times \text{Tempo ciclo})/4$
- $V = (2,13 \times 10)/4 = 5,33$  m<sup>3</sup>

Foi adotado um poço com 2,50m de diâmetro e 1,10m de altura útil. O volume útil do poço é de 5,40m<sup>3</sup>.

#### Verificação do tempo de intermitência da partida das bombas:

- Para atender o sistema temos:

$Q_e$  = vazão máxima diário afluente de final de plano = 23,49 l/s (1,41 m<sup>3</sup>/min);

$Q_b = 35,50$  l/s = 2,13 m<sup>3</sup>/min

$t = 11,3$  minutos > 10 minutos → Ok!

#### Verificação do tempo de detenção:

$T = V_d / Q_{med}$ ;

$V_d$  = Volume efetivo do poço = 4,66m<sup>3</sup> (Área poço x (submergencia da bomba + Altura útil/2));

Para verificação do tempo de detenção, será adotado:



$Q_{\text{méd}} = \text{vazão média} = 20 \text{ l/s} = 1,2 \text{ m}^3/\text{min};$

$T = V_d / Q_{\text{min}} = (4,66 / 1,2) = 3,9 \text{ minutos}; < 30 \text{ minutos} \rightarrow \text{Ok!}$

A Tabela 26 apresenta as características do poço de sucção da elevatória de esgoto bruto e recirculação.

**Tabela 26:** Características do poço de sucção da elevatória de esgoto bruto e recirculação.

| CARACTERÍSTICA                    | Valor | UNIDADE        |
|-----------------------------------|-------|----------------|
| Altura útil do poço de sucção     | 1,10  | m              |
| Diâmetro do poço de sucção        | 2,50  | m              |
| Volume útil do poço de sucção     | 5,40  | m <sup>3</sup> |
| Tempo máximo de detenção          | 3,9   | minutos        |
| Tempo de intermitência das bombas | 11,3  | minutos        |

#### **CARACTERÍSTICAS DO POÇO DE SUCÇÃO**

|                                  |                     |
|----------------------------------|---------------------|
| Cota Entrada do Poço de Sucção = | 49,900 m            |
| Cota NA Alarme =                 | 49,750 m            |
| Cota NA Máximo =                 | 49,600 m            |
| Cota NA Mínimo =                 | 48,500 m            |
| Cota fundo =                     | 48,000 m            |
| Distância do poço ao anteparo =  | 0,60 m              |
| Diâmetro interno do poço =       | 2,50 m              |
| Altura útil =                    | 1,10 m              |
| Volume útil =                    | 5,40 m <sup>3</sup> |
| Altura Total =                   | 1,600 m             |
| Cota do Terreno =                | 51,500              |
| Profundidade do Poço de Sucção = | 3,500 m             |

#### **9.5.2. Linha de recalque LR-EEB ESGOTO BRUTO E RECIRCULAÇÃO**

A verificação do diâmetro econômico de recalque foi feita utilizando a Fórmula de Bresser, conforme dados a seguir.

- Barrilete e Linha de Recalque da EEB-1

$$D = K * Q^{1/2}, \quad K = 1,2 \quad \text{e} \quad Q = 35,50 \text{ l/s}$$

$$D_{\text{calculado}} = 0,226 \text{ m} \quad D_{\text{adotado}} = 0,206 \text{ m}$$

$$\text{Velocidade} = 0,60 \text{ m/s}$$

O diâmetro adotado para o barrilete da EEB Esgoto Bruto e Recirculação e a linha de recalque LR será de DN = 200 mm. A **Tabela 13**: Características da Linha de Recalque LR 1Tabela 27 apresenta as características da linha de recalque.

**Tabela 27:** Características da Linha de Recalque LR 1

| CARACTERÍSTICA                       | VALOR  | UNIDADE    |
|--------------------------------------|--------|------------|
| Diâmetro da Tubulação                | 200    | milímetros |
| Extensão da Linha de Recalque        | 34,50  | metros     |
| N.A. Mínimo na Sucção                | 48,500 | metros     |
| Cota mais elevada do trajeto         | 59,700 | metros     |
| Desnível Geométrico de Recalque (Hg) | 11,20  | metros     |

**Pt DE LANÇAMENTO DO RECALQUE**

|                                  |          |
|----------------------------------|----------|
| ETE:                             | CDV UASB |
| CT:                              | 51,500   |
| Cota da GI do recalque no lanç.: | 59,500   |
| Cota da GS do recalque no lanç.: | 59,700   |

**PTO MAIS ALTO DO RECALQUE**

|             |        |
|-------------|--------|
| CT          | 51,500 |
| GS recalque | 59,500 |

**DESNÍVEL GEOMÉTRICO:** 11,20 m

### 9.5.3. Cálculo das Perdas Distribuídas e Localizadas

**CÁLCULO DA PERDA DE CARGA DISTRIBUÍDA:**

Conforme Fórmula Universal:  $hf = f (LV^2/D2g)$

$$H_d = f \times \frac{L \times V^2}{D \times 2 \times g} \quad Re = \frac{V \times D}{\nu} \quad f = \frac{0,25}{\left[ \log \left( \frac{\epsilon}{3,7D} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2}$$

|                                          | Barrilete    | Recalque     |          |
|------------------------------------------|--------------|--------------|----------|
| Vazão de Projeto :                       | 0,0355       | 0,0355       | m³/s     |
| Diâmetro Interno:                        | 0,1546       | 0,2062       | m        |
| Área de Escoamento:                      | 0,0188       | 0,0334       | m²       |
| Velocidade do Fluxo:                     | 1,891        | 1,063        | m/s      |
| Viscosidade Cinemática:                  | 0,000001007  | 0,0000010    |          |
| Número de Reynolds:                      | 290335,079   | 217680,908   |          |
| Coef. Rugosidade "K":                    | 0,00025      | 0,00025      | m        |
| Coef de Perdas "f":                      | 0,023022     | 0,021896     |          |
| Perda de carga unitária "hf":            | 0,027172     | 0,006123     | m/m      |
| Comprimento tubo:                        | 4,00         | 34,50        | m        |
| <b>Perda de carga distribuída:</b>       | <b>0,109</b> | <b>0,211</b> | <b>m</b> |
| <b>Perda de carga distribuída total:</b> | <b>0,770</b> | <b>m</b>     |          |



A Tabela 28 a seguir apresenta o cálculo do coeficiente K para determinação da perda de carga localizada no sistema devido às peças do barrilete e da linha de recalque da elevatória. Os valores de K para cada singularidade foram extraídos do livro Manual de Hidráulica de Azevedo Netto.

**Tabela 28:** Coeficiente K total – Barrilete da EEB e LR

| Peças                                | DN  | Quant. | K    | K Total | V (m/s) | Kv <sup>2</sup> /2g (m) |
|--------------------------------------|-----|--------|------|---------|---------|-------------------------|
| <b>Barrilete e Linha de Recalque</b> |     |        |      |         |         |                         |
| Ampliação                            | 150 | 1      | 0,3  | 0,30    | 1,89    | 0,055                   |
| C90°                                 | 200 | 3      | 0,40 | 1,20    | 1,06    | 0,069                   |
| C45°                                 | 200 | 2      | 0,20 | 0,40    | 1,06    | 0,023                   |
| C22°                                 | 200 | 0      | 0,10 | 0,00    | 1,06    | 0,000                   |
| Registro gaveta aberto               | 200 | 1      | 0,20 | 0,20    | 1,06    | 0,012                   |
| Válvula de retenção                  | 200 | 1      | 2,50 | 2,50    | 1,06    | 0,144                   |
| Tê passagem direta                   | 200 | 1      | 0,60 | 0,60    | 1,06    | 0,035                   |
| Junção                               | 200 | 1      | 0,40 | 0,40    | 1,06    | 0,023                   |
| Saída de canalização                 | 200 | 1      | 1,00 | 1,00    | 1,06    | 0,058                   |
| Total                                |     |        |      | 6,60    |         | 0,450                   |

O ponto de trabalho apontado pela curva do sistema foi:

- Hmanométrica = Hg + Hf distribuída + Hf localizada
- Hmanométrica = 11,20 m + 0,32 + 0,45
- Hmanométrica = 11,97 mca

Determinação do K equivalente:

$$hl = \frac{k.v^2}{2.g}$$

Sendo:

hf localizada = 0,450 m

v = 1,06 m/s

g = 9,81 m/s<sup>2</sup>

Então, k equivalente

= 7,81

### **SELEÇÃO DOS CONJUNTOS MOTO-BOMBAS SUBMERSÍVEIS**

**Quantidade de bombas:** 1 + 1 (rodízio)

Dados de entrada

Vazão Prevista 35,50 l/s

Desnível geométrico (Hg) 11,20 m



**ENGESOLO ENGENHARIA LTDA.**

Rua Alcobaça, 1.210 - Bairro São Francisco - CEP: 31.255-210  
Belo Horizonte-MG - Tel.: (31) 2103-4300 - Fax.: (31) 2103-4399  
E-mail: engesolo@engesolo.com.br - www.engesolo.com.br



|                                 |          |
|---------------------------------|----------|
| Diâmetro interno recalque       | 0,2062 m |
| Comprimento barrilete           | 5,00 m   |
| Comprimento recalque            | 34,50 m  |
| Perda de carga distribuída (Hd) | 0,320 m  |
| Peças (k)                       | 7,81     |
| Perda de carga localizada (Hl)  | 0,45 m   |
| Altura Manométrica (hman)       | 11,97 m  |
| NPSH disp:                      | 8,287 m  |

#### **CURVA CARACTERÍSTICA DO SISTEMA:**

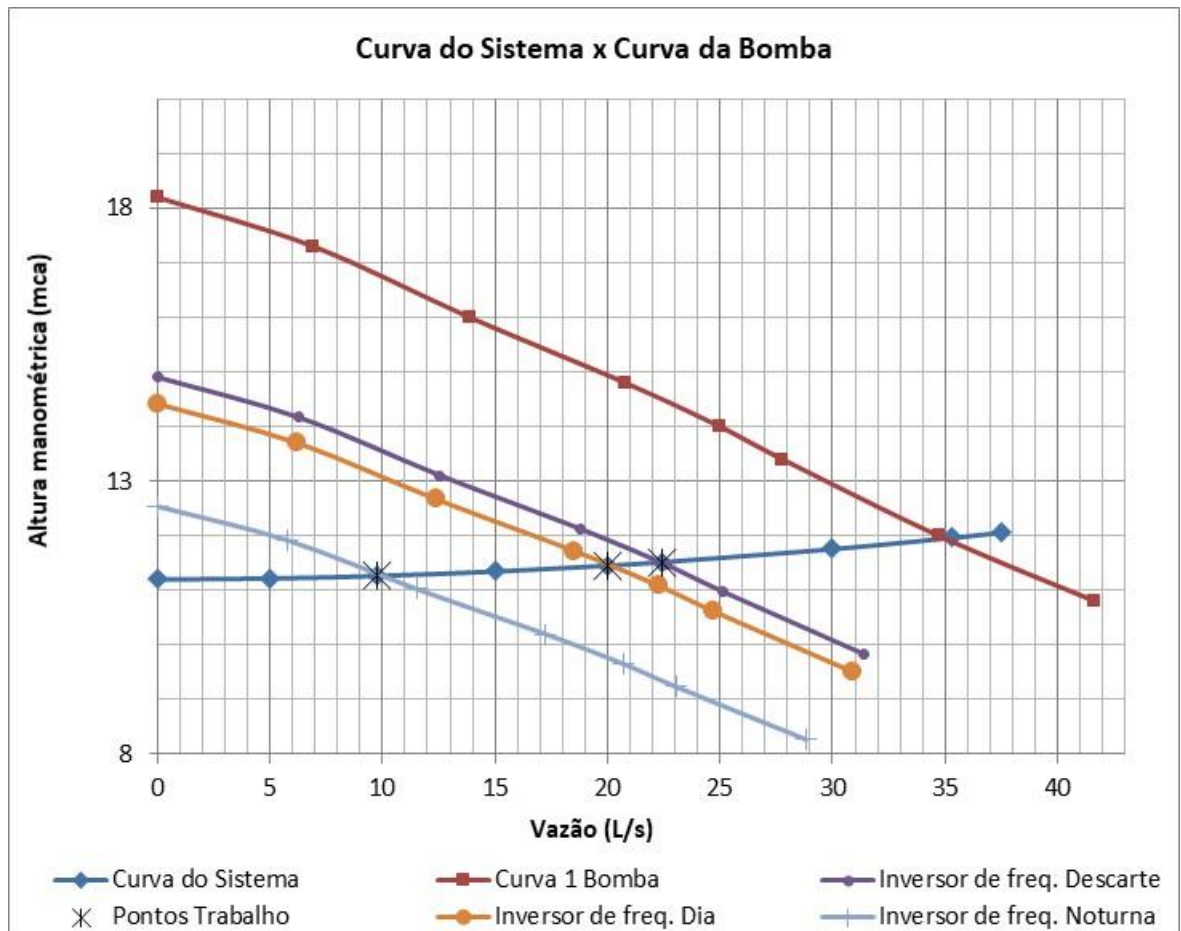
| Vazão         |              | Velocidade  | PERDA DE CARGA |                 |                |              | Altura Manométrica (m) |
|---------------|--------------|-------------|----------------|-----------------|----------------|--------------|------------------------|
|               |              |             | Unitária (m/m) | Distribuída (m) | Localizada (m) | Total (m)    |                        |
| <b>127,80</b> | <b>35,50</b> | <b>1,06</b> | <b>0,0093</b>  | <b>0,320</b>    | <b>0,450</b>   | <b>0,770</b> | <b>11,97</b>           |
| 0             | 0,00         | 0,00        | 0,0000         | 0,000           | 0,000          | 0,000        | 11,20                  |
| 18            | 5,00         | 0,15        | 0,0002         | 0,009           | 0,009          | 0,017        | 11,22                  |
| 35,244        | 9,79         | 0,29        | 0,0009         | 0,030           | 0,034          | 0,064        | 11,26                  |
| 54            | 15,00        | 0,45        | 0,0019         | 0,065           | 0,080          | 0,145        | 11,35                  |
| 72            | 20,00        | 0,60        | 0,0032         | 0,111           | 0,143          | 0,253        | 11,45                  |
| 80,784        | 22,44        | 0,67        | 0,0040         | 0,137           | 0,180          | 0,317        | 11,52                  |
| 108           | 30,00        | 0,90        | 0,0068         | 0,234           | 0,321          | 0,556        | 11,76                  |
| 127,08        | 35,30        | 1,06        | 0,0092         | 0,317           | 0,445          | 0,761        | 11,96                  |
| 135           | 37,50        | 1,12        | 0,0103         | 0,354           | 0,502          | 0,856        | 12,06                  |

#### **SELEÇÃO DO CONJUNTO MOTO-BOMBA SUBMERSÍVEL**

##### **Conjunto motobomba de referência:**

|                      |                        |
|----------------------|------------------------|
| Marca/Modelo         | EBARA – 100DL67.5 60HZ |
| Q (l/s)              | 34,33                  |
| Hm (mca)             | 12,17                  |
| Potência (cv)        | 7,5                    |
| Rendimento (%)       | 69,5                   |
| N polos              | 4,00                   |
| f (Hz)               | 60                     |
| Rotação (r.p.m)      | 1800                   |
| Submersão mínima (m) | 0,357                  |

A curva do conjunto moto-bomba selecionado é apresentada a seguir, na Figura 12.



**Figura 18 – EEB 1- Ponto de trabalho do conjunto moto-bomba – Modelo EBARA-80DL62.2.**

Como há uma variação considerável entre a vazão média e a máxima foi previsto um inversor de frequência, onde usou-se a lei da analogia para realizar as situações propostas no sistema.

leis da Analogia

$$Q2 = Q1 \cdot N2/N1$$

$$H2 = H1 \cdot (N2/N1)^2$$

$$P2 = P1 \cdot (N2/N1)^3$$

| P. Op. Máx                 |       | P. Op. Méd            |       | P. Op. Min                |       |
|----------------------------|-------|-----------------------|-------|---------------------------|-------|
| Q                          | Hman  | Q                     | Hman  | Q                         | Hman  |
| 22,44                      | 11,52 | 20,00                 | 11,45 | 9,79                      | 11,26 |
| Inversor de freq. Descarte |       | Inversor de freq. Dia |       | Inversor de freq. Noturno |       |
| N2/N1                      | 0,905 | N2/N1                 | 0,890 | N2/N1                     | 0,830 |
| Q2 =                       | Hman  | Q2 =                  | Hman  | Q2 =                      | Hman  |
| 0,00                       | 14,91 | 0,00                  | 14,42 | 0,00                      | 12,54 |
| 6,28                       | 14,17 | 6,18                  | 13,70 | 5,76                      | 11,92 |
| 12,57                      | 13,10 | 12,36                 | 12,67 | 11,53                     | 11,02 |
| 18,82                      | 12,12 | 18,51                 | 11,72 | 17,26                     | 10,20 |
| 22,63                      | 11,47 | 22,25                 | 11,09 | 20,75                     | 9,64  |
| 25,14                      | 10,97 | 24,72                 | 10,61 | 23,06                     | 9,23  |
| 31,42                      | 9,83  | 30,90                 | 9,51  | 28,82                     | 8,27  |

## 9.6. BIOFILTRO PARA TRATAMENTO DE GASES

A unidade de biofiltro será instalada para tratamento dos gases sulfídrico e amônia, provenientes do esgoto bruto no tratamento preliminar, na elevatória de esgoto bruto e de recirculação e na elevatória do efluente tratado, com o intuito de eliminar possível odor durante a operação do sistema.

Para desenvolvimento de projetos de Biofiltros devem ser levados em conta o tipo e composição do material composto, a porosidade, a distribuição do gás na camada filtrante, a manutenção da umidade e controle da temperatura dentre os mais importantes.

Foi considerado o seguinte volume para tratamento:

- Volume total na caixa de areia = 10,36 m<sup>3</sup>;
- Volume total na caixa de gordura = 17,76 m<sup>3</sup>;
- Volume total na elevatória de efluente bruto e recirculação = 7,36 m<sup>3</sup>;
- Volume total na elevatória de efluente tratado = 8,48 m<sup>3</sup>;

Considerando uma taxa de renovação de ar de 10 vezes por hora teremos o volume a ser tratado a 43,96 m<sup>3</sup> x 10 renovações/h = 439,61 m<sup>3</sup>/h.

Taxa de aplicação adotada = 95 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/h

Altura da camada filtrante selecionada = 1,00 m (0,30 de material inerte na primeira camada e 0,70 de material composto na segunda camada).

Calculo da área de filtragem =  $439,61/95 = 4,62 \text{ m}^2$ .

Tempo de residência em vazio =  $V_f / Q = 4,62 / 439,61 = 0,0105 / \text{h} \times 3600\text{s} = 37,83\text{s}$ .

Portanto > 30s atende aos requisitos.

Dimensões do biofiltro:

Vazão de gás a ser tratada = 439,61 m<sup>3</sup>/h  
Formato do Biofiltro adotado = Retangular  
Tipo do biofiltro adotado = Tipo 3 Padrões CESAN

Dimensões do Biofiltro:

|                                        |      |                |
|----------------------------------------|------|----------------|
| Comprimento interno da tampa (A) =     | 1,20 | m              |
| Largura interna da tampa (B) =         | 1,50 | m              |
| Comprimento externo da tampa (C) =     | 1,30 | m              |
| Largura externa da tampa (D) =         | 1,60 | m              |
| Largura do cobogó (E) =                | 0,80 | m              |
| Comprimento da caixa do exaustor (F) = | 1,20 | m              |
| Largura da caixa do exaustor (G) =     | 1,20 | m              |
| Altura da caixa do exaustor (H) =      | 1,00 | m              |
| Largura da camada filtrante (I) =      | 3,25 | m              |
| Comprimento da camada filtrante (J) =  | 2,00 | m              |
| Área de filtragem (IxJ) =              | 6,50 | m <sup>2</sup> |

Altura do leito filtrante = 1,00 metro

Característica do equipamento de exaustão:

- VAZÃO .....620 m<sup>3</sup>/h;
- MOTOR.....4,0 cv;
- ROTOR.....Tipo Radial;
- TRANSMISSÃO.....Direta através do eixo do motor;

## 9.7. TRATAMENTO SECUNDÁRIO

O tratamento secundário será composto por UASB+BF+DS e será do tipo compacto, a ser dimensionado pelo fornecedor a partir dos dados e especificações técnicas descritos neste relatório.

## 9.8. ELEVATÓRIA DO EFLUENTE TRATADO

A elevatória de efluente tratado tem como objetivo receber o efluente tratado proveniente do tratamento e recalcar-lo até o ponto de lançamento no Rio Claro através de um emissário de esgoto tratado com diâmetro DN200mm recalcado e com diâmetro DN 250mm por recalque.

O projeto da elevatória atenderá às vazões especificadas na Tabela 29. A elevatória foi projetada para atender uma vazão de recalque total de 36,00 l/s, constituída por dois conjuntos moto-bombas submersíveis, com funcionamento em rodízio, mantendo uma bomba em operação e outra em reserva. Foi considerado um inversor de frequência para atender alterações nas vazões caso o sistema de reuso seja executado.

**Tabela 29:** Vazões de contribuição da EEB Emissário

| Local | Vazão Afluente (l/s) - Qe |       |             |              | Vazão de Recalque (l/s) - Qb |
|-------|---------------------------|-------|-------------|--------------|------------------------------|
|       | Mínima                    | Média | Máx. diário | Máx. horário |                              |
| ETE   | 9,80                      | 20,00 | 23,50       | 35,23        | 36,00                        |

### 9.8.1. Poço de Sucção

Para cálculo do poço de sucção, temos os seguintes dados:

- Q máx. horária = 35,23 l/s;
- Tempo de ciclo = 10 minutos
- $Q_b = 36,00 \text{ l/s} = 2,16 \text{ m}^3/\text{min}$
- $V_{\min} = (Q_b \times \text{Tempo ciclo})/4$
- $V = (2,16 \times 10)/4 = 5,40 \text{ m}^3$

Foi adotado um poço com 3,0m de diâmetro e 0,80m de altura útil. O volume útil do poço é de 5,65m<sup>3</sup>.

Verificação do tempo de intermitência da partida das bombas:

- Para atender o sistema temos:

$Q_e = \text{vazão máxima diário afluente de final de plano} = 23,49 \text{ l/s} (1,41 \text{ m}^3/\text{min});$

$Q_b = 36,00 \text{ l/s} = 2,16 \text{ m}^3/\text{min}$

$t = 11,5 \text{ minutos} > 10 \text{ minutos} \rightarrow \text{Ok!}$

Verificação do tempo de detenção:

$T = V_d / Q_{med};$





$V_d$  = Volume efetivo do poço =  $5,65\text{m}^3$  (área poço x (Altura útil/2 + submergência da bomba));

Para verificação do tempo de detenção, será adotado:

$Q_{\text{méd}}$  = vazão média =  $20,00\text{ l/s} = 1,20\text{ m}^3/\text{min}$ ;

$T = V_d / Q_{\text{min}} = (5,65 / 1,20) = 4,7\text{ minutos}$ ;  $< 30\text{ minutos} \rightarrow \text{Ok!}$

Como há possibilidade do sistema de reuso ser implantado foi verificado os tempos de detenção e de intermitência considerando as vazões médio e máxima diária e horaria menos a vazão de reuso ( $4,5\text{ l/s}$ ). A Tabela 35 mostra os resultados encontrados.

**Tabela 30** – Verificação dos tempos de detenção e de intermitência para vazões com reuso.

| Situações                       | Vazões (l/s)        | Td (min) | Te(min) | Tesv(min) | Ti(min) |
|---------------------------------|---------------------|----------|---------|-----------|---------|
| $Q_{\text{média}}$ - reuso      | $20-4,5 = 15,50$    | 6,1      | 6,1     | 4,6       | 10,7    |
| $Q_{\text{máxdiária}}$ - reuso  | $23,49-4,5 = 18,99$ | 5,0      | 5,0     | 5,5       | 10,5    |
| $Q_{\text{máxhoraria}}$ - reuso | $35,23-4,5 = 30,73$ | 3,1      | 3,1     | 17,9      | 21,0    |

\*Td = tempo de detenção; Te = tempo de enchimento; Tesv = tempo de esvaziamento; Ti = tempo de intermitência.

A Tabela 31Tabela 20 apresenta as características do poço de sucção da EEB 2.

**Tabela 31** - Características do poço de sucção da EEB 2.

| CARACTERÍSTICA                    | Valor | UNIDADE      |
|-----------------------------------|-------|--------------|
| Altura útil do poço de sucção     | 0,80  | m            |
| Diâmetro do poço de sucção        | 3,00  | m            |
| Volume útil do poço de sucção     | 5,65  | $\text{m}^3$ |
| Tempo máximo de detenção          | 4,70  | minutos      |
| Tempo de intermitência das bombas | 11,50 | minutos      |

### CARACTERÍSTICAS DO POÇO DE SUCÇÃO

|                                  |                   |
|----------------------------------|-------------------|
| Cota Entrada do Poço de Sucção = | 50,270 m          |
| Cota NA Alarme =                 | 50,170 m          |
| Cota NA Máximo =                 | 50,020 m          |
| Cota NA Mínimo =                 | 49,220 m          |
| Cota fundo =                     | 48,770 m          |
| Distância do poço ao anteparo =  | 0,60 m            |
| Diâmetro interno do poço =       | 3,00 m            |
| Altura útil =                    | 0,80 m            |
| Volume útil =                    | $5,65\text{ m}^3$ |
| Altura Total =                   | 1,250 m           |
| Cota do Terreno =                | 51,500 m          |
| Profundidade do Poço de Sucção = | 2,730 m           |



**ENGESOLO ENGENHARIA LTDA.**

Rua Alcobaça, 1.210 - Bairro São Francisco - CEP: 31.255-210  
Belo Horizonte-MG - Tel.: (31) 2103-4300 - Fax.: (31) 2103-4399  
E-mail: engesolo@engesolo.com.br - www.engesolo.com.br

#### Pt DE LANÇAMENTO DO RECALQUE

|                                  |           |
|----------------------------------|-----------|
| Local:                           | Rio Claro |
| CT:                              | 51,500    |
| Cota da GI do recalque no lanç.: | 61,494    |
| Cota da GS do recalque no lanç.: | 61,700    |

#### PTO MAIS ALTO DO RECALQUE

|             |        |
|-------------|--------|
| CT          | 62,600 |
| GS recalque | 61,700 |

**DESNÍVEL GEOMÉTRICO:** 12,48 m

### 9.8.2. Linha de recalque LR-EMISSÁRIO – TRECHO CONDUTO FORÇADO

A verificação do diâmetro econômico de recalque foi feita utilizando a Fórmula de Bresser, conforme dados a seguir.

- Barrilete e Linha de Recalque da EEB-1

$$D = K * Q^{1/2}, \quad K = 1,2 \quad e \quad Q = 36,00 \text{ l/s}$$

$$D \text{ calculado} = 0,228 \text{ m} \quad D \text{ adotado} = 0,200 \text{ m}$$

$$\text{Velocidade} = 0,60 \text{ m/s} \quad (\text{para vazão média})$$

$$\text{Velocidade} = 1,08 \text{ m/s} \quad (\text{Para vazão máxima h.})$$

O diâmetro adotado para o barrilete da elevatória do emissário e linha de recalque será de DN = 200 mm. A **Tabela 13:** Características da Linha de Recalque LR 1Tabela 32 apresenta as características da linha de recalque.

**Tabela 32 - Características da Linha de Recalque LR 1**

| CARACTERÍSTICA                       | VALOR  | UNIDADE    |
|--------------------------------------|--------|------------|
| Diâmetro da Tubulação                | 200    | milímetros |
| Extensão da Linha de Recalque        | 650    | metros     |
| N.A. Mínimo na Sucção                | 49,220 | metros     |
| Cota mais elevada do trajeto         | 61,700 | metros     |
| Desnível Geométrico de Recalque (Hg) | 12,48  | metros     |

#### CÁLCULO DA PERDA DE CARGA DISTRIBUÍDA:

Conforme Fórmula Universal:  $hf = f (LV^2/D2g)$

$$H_d = f \times \frac{L \times V^2}{D \times 2 \times g} \quad Re = \frac{V \times D}{\nu} \quad f = \frac{0,25}{\left[ \log \left( \frac{\varepsilon}{3,7D} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2}$$



|                                          | <b>Barrilete</b> | <b>Recalque</b> |                   |
|------------------------------------------|------------------|-----------------|-------------------|
| Vazão de Projeto :                       | 0,0360           | 0,0360          | m <sup>3</sup> /s |
| Diâmetro Interno:                        | 0,1546           | 0,2062          | m                 |
| Área de Escoamento:                      | 0,0188           | 0,0334          | m <sup>2</sup>    |
| Velocidade do Fluxo:                     | 1,918            | 1,078           | m/s               |
| Viscosidade Cinemática:                  | 0,000001007      | 0,000001007     |                   |
| Número de Reynolds:                      | 294.424,31       | 220.746,84      |                   |
| Coef. Rugosidade "K":                    | 0,00025          | 0,00025         | m                 |
| Coef de Perdas "f":                      | 0,023011         | 0,021880        |                   |
| Perda de carga unitária "hf":            | 0,027930         | 0,006292        | m/m               |
| Comprimento tubo:                        | 4,00             | 650,00          | m                 |
| <b>Perda de carga distribuída:</b>       | <b>0,112</b>     | <b>4,090</b>    | <b>m</b>          |
| <b>Perda de carga distribuída total:</b> | <b>4,954</b>     | <b>m</b>        |                   |

A Tabela 33 a seguir apresenta o cálculo do coeficiente K para determinação da perda de carga localizada no sistema devido às peças do barrilete e da linha de recalque da elevatória. Os valores de K para cada singularidade foram extraídos do livro Manual de Hidráulica de Azevedo Netto.

**Tabela 33 - Coeficiente K total – Barrilete da EEB Emissário e da LR**

| Peças                                | DN  | Quant. | K    | K Total | V (m/s) | Kv <sup>2</sup> /2g (m) |
|--------------------------------------|-----|--------|------|---------|---------|-------------------------|
| <b>Barrilete e Linha de Recalque</b> |     |        |      |         |         |                         |
| <b>Ampliação</b>                     | 100 | 1      | 0,3  | 0,30    | 1,92    | 0,056                   |
| <b>C90°</b>                          | 200 | 5      | 0,40 | 2,00    | 1,08    | 0,118                   |
| <b>C45°</b>                          | 200 | 8      | 0,20 | 1,60    | 1,08    | 0,095                   |
| <b>C22°</b>                          | 200 | 5      | 0,10 | 0,50    | 1,08    | 0,030                   |
| <b>Registro gaveta aberto</b>        | 200 | 1      | 0,20 | 0,20    | 1,08    | 0,012                   |
| <b>Válvula de retenção</b>           | 200 | 1      | 2,50 | 2,50    | 1,08    | 0,148                   |
| <b>Tê passagem direta</b>            | 200 | 5      | 0,60 | 3,00    | 1,08    | 0,178                   |
| <b>Junção</b>                        | 200 | 1      | 0,40 | 0,40    | 1,08    | 0,024                   |
| <b>Saída de canalização</b>          | 200 | 1      | 1,00 | 1,00    | 1,08    | 0,059                   |
| Total                                |     |        |      | 11,50   |         | 0,753                   |

O ponto de trabalho apontado pela curva do sistema foi:

- Hmanométrica = Hg + Hf distribuída + Hf localizada
- Hmanométrica = 12,48 m + 4,201 + 0,75
- Hmanométrica = 17,434 mca

Determinação do K equivalente:

$$hl = \frac{k.v^2}{2.g}$$

Sendo:

hf localizada = 0,753 m

v = 1,08 m/s

g = 9,81 m/s<sup>2</sup>

Então, k equivalente

= 12,71

| Ponto de Trabalho de Projeto |                   |
|------------------------------|-------------------|
| <b>Qrec (1+1)</b>            | <b>36,00 L/s</b>  |
| <b>Hman</b>                  | <b>17,434 mca</b> |

NPSH disp: 8,635 m

### SELEÇÃO DOS CONJUNTOS MOTO-BOMBAS SUBMERSÍVEIS

Quantidade de bombas: 1 + 1 (rodízio)

Dados de entrada

Vazão Prevista 36,00 l/s

Desnível geométrico (Hg) 12,48 m

Diâmetro interno recalque 0,2042 m

Comprimento barrilete 5,00 m

Comprimento recalque 650 m

Perda de carga distribuída (Hd) 4,201 m

Peças (k) 12,71

Perda de carga localizada (Hl) 0,75 m

Altura Manométrica (hman) 17,43 m

NPSH disp: 8,635 m

### CURVA CARACTERÍSTICA DO SISTEMA:

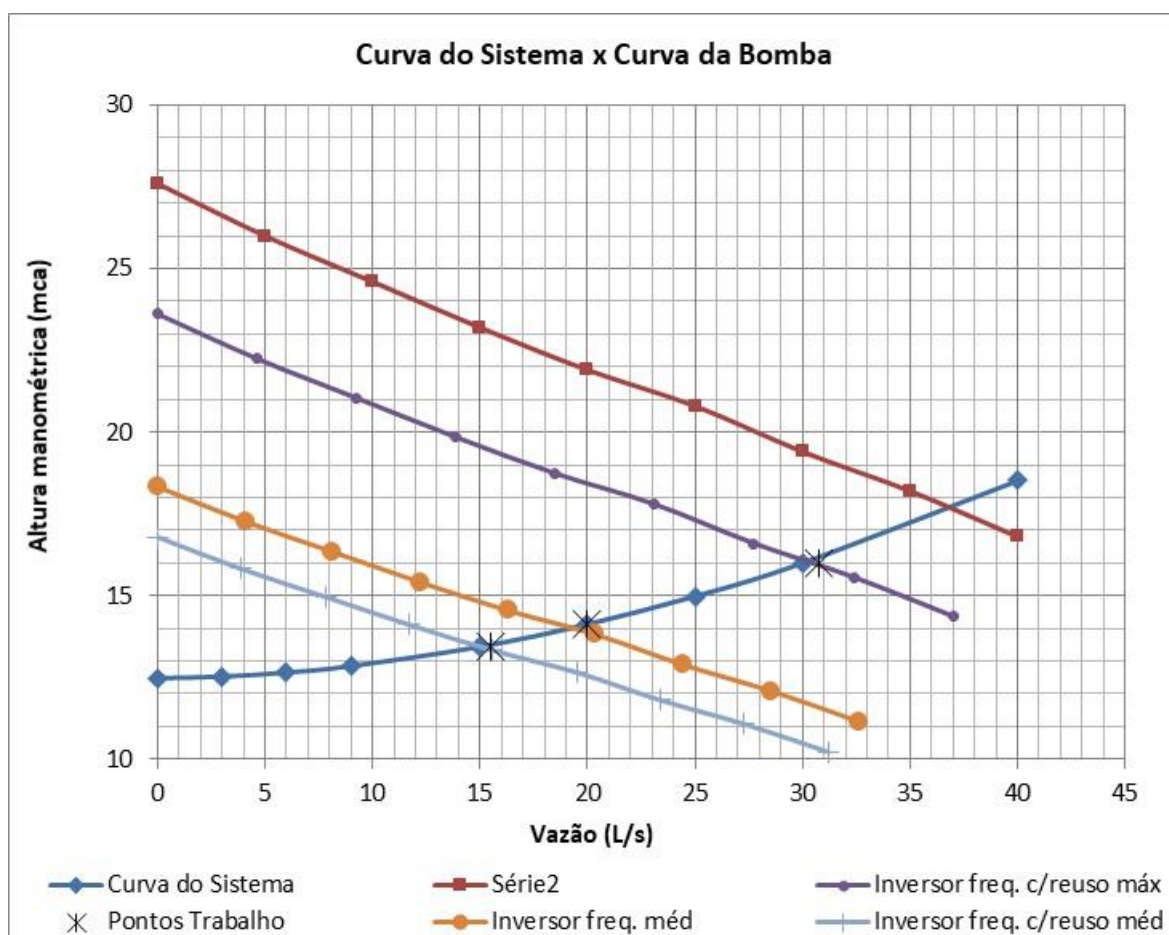
| Vazão               |              | Velocidade<br>(m/s) | PERDA DE CARGA    |                    |                   |              | Altura<br>Manométrica<br>(m) |
|---------------------|--------------|---------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------|------------------------------|
| (m <sup>3</sup> /h) | (l/s)        |                     | Unitária<br>(m/m) | Distribuída<br>(m) | Localizada<br>(m) | Total<br>(m) |                              |
| <b>129,60</b>       | <b>36,00</b> | <b>1,08</b>         | <b>0,0065</b>     | <b>4,201</b>       | <b>0,753</b>      | <b>4,954</b> | <b>17,43</b>                 |
| 0                   | 0,00         | 0,00                | 0,0000            | 0,000              | 0,000             | 0,000        | 12,48                        |
| 10,8                | 3,00         | 0,09                | 0,0001            | 0,042              | 0,005             | 0,048        | 12,53                        |
| 21,6                | 6,00         | 0,18                | 0,0002            | 0,153              | 0,021             | 0,174        | 12,65                        |
| 32,4                | 9,00         | 0,27                | 0,0005            | 0,323              | 0,047             | 0,370        | 12,85                        |
| 54                  | 15,00        | 0,45                | 0,0013            | 0,832              | 0,131             | 0,962        | 13,44                        |
| 72                  | 20,00        | 0,60                | 0,0022            | 1,416              | 0,232             | 1,649        | 14,13                        |
| 90                  | 25,00        | 0,75                | 0,0033            | 2,140              | 0,363             | 2,503        | 14,98                        |
| 108                 | 30,00        | 0,90                | 0,0046            | 2,999              | 0,523             | 3,521        | 16,00                        |
| 144                 | 40,00        | 1,20                | 0,0079            | 5,106              | 0,929             | 6,035        | 18,52                        |

## SELEÇÃO DO CONJUNTO MOTO-BOMBA SUBMERSÍVEL

### Conjunto motobomba de referência:

|                         |                      |
|-------------------------|----------------------|
| Marca/Modelo            | FLYGT – N3153HT 3~4p |
| Q (l/s)                 | 37,39                |
| Hm (mca)                | 17,50                |
| Potência (cv)           | 13,5                 |
| Rendimento (%)          | 76,8                 |
| N polos                 | 4                    |
| f (Hz)                  | 60                   |
| Rotação (r.p.m)         | 1460                 |
| Submergência mínima (m) | 0,270                |

- A curva do conjunto moto-bomba selecionado é apresentada a seguir, na Figura 14.





**Figura 19 – EEB 2- Ponto de trabalho do conjunto moto-bomba – Modelo EBARA-80DLM65.5.**

| P. Op. Máx                 |       | P. Op. Méd         |       | P. Op. Méd                |       |
|----------------------------|-------|--------------------|-------|---------------------------|-------|
| Q                          | Hman  | Q                  | Hman  | Q                         | Hman  |
| 30,73                      | 16,00 | 20,00              | 14,13 | 15,50                     | 13,44 |
| Inversor freq. c/reuso máx |       | Inversor freq. méd |       | Inversor freq. c/reuso mé |       |
| N2/N1                      | 0,925 | N2/N1              | 0,815 | N2/N1                     | 0,780 |
| Q2 =                       | Hman  | Q2 =               | Hman  | Q2 =                      | Hman  |
| 0,00                       | 23,62 | 0,00               | 18,33 | 0,00                      | 16,79 |
| 4,63                       | 22,25 | 4,08               | 17,27 | 3,90                      | 15,82 |
| 9,25                       | 21,05 | 8,15               | 16,34 | 7,80                      | 14,97 |
| 13,88                      | 19,85 | 12,23              | 15,41 | 11,70                     | 14,11 |
| 18,50                      | 18,74 | 16,30              | 14,55 | 15,60                     | 13,32 |
| 23,13                      | 17,80 | 20,38              | 13,82 | 19,50                     | 12,65 |
| 27,75                      | 16,60 | 24,45              | 12,89 | 23,40                     | 11,80 |
| 32,38                      | 15,57 | 28,53              | 12,09 | 27,30                     | 11,07 |
| 37,00                      | 14,37 | 32,60              | 11,16 | 31,20                     | 10,22 |

### 9.8.3. Estudo do transiente hidráulico do recalque do emissário

A análise do golpe de aríete foi elaborada para a condição mais desfavorável, ou seja, a parada repentina das bombas que poderá ocorrer na falta de energia elétrica dos motores de acionamento das bombas. O método de cálculo utilizado foi de “*PARMAKIAN*”.

#### 1 - Cálculo da Celeridade

$$a = \frac{9.900}{\sqrt{48,3 + \frac{KD}{e}}}$$

Sendo:

a - celeridade da onda em m/s;

K - coeficiente que considera os módulos de elasticidade;

D - diâmetro dos tubos em m ;

e - espessura dos tubos em m

$$\begin{aligned} K &= 1 \text{ (FoFo)} \\ D &= 0,206 \text{ m} \\ e &= 0,005 \text{ m} \\ a &= 1046,2 \text{ m/s} \end{aligned}$$

**2 - Cálculo da inércia do conjunto moto-bomba**

$$WR^2 = 100 \left( \frac{PM}{N^0} \right)^{1,435}$$

onde:

PM - Potência do motor em cv;  
No - Número de rotações em rpm;

$$\begin{aligned} PM &= 13,1 \text{ cv} \\ No &= 1460 \text{ rpm} \\ WR^2 &= 0,1159 \end{aligned}$$

**3 - Cálculo da constante da linha**

$$2p = \frac{a.Vo}{g.Ho}$$

Sendo:

2p - constante da linha, adimensional;  
a - celeridade em m/s;  
Vo - velocidade da tubulação em m/s;  
g - aceleração da gravidade em m/s<sup>2</sup>  
Ho - altura manométrica em m

$$\begin{aligned} a &= 1046,2 \text{ m/s} \\ Vo &= 1,08 \text{ m/s (2ª etapa)} \\ g &= 9,81 \text{ m/s}^2 \\ Ho &= 17,43 \text{ m (2ª etapa)} \\ 2p &= 6,59 \end{aligned}$$

**4 - Constante da bomba**

$$k_1 = \frac{446826.Q.Ho}{WR^2.n.rpm^2}$$

Sendo:

Q - vazão em m<sup>3</sup>/s;  
Ho - altura manométrica em m;  
WR<sup>2</sup> - momento de inércia em Kg x m<sup>2</sup>  
n - rendimento da bomba em %  
rpm - rotação da bomba em rpm

$$\begin{aligned} Q &= 0,03600 \text{ m}^3/\text{s} \\ Ho &= 17,43 \text{ m} \\ WR^2 &= 0,1159 \text{ Kgxm}^2 \\ n &= 0,77 \\ rpm &= 1460 \text{ rpm} \\ K1 &= 1,478 \end{aligned}$$



## 5 - Cálculo de K1.2L/a

$$\frac{k1.2L}{a} = 1,836$$

onde:

K1 - constante da bomba = 1,478  
 L - extensão da tubulação = 650,00 m  
 a - celeridade = 1046,2 m/s

Analisando os gráficos em anexo, tem-se os seguintes valores:

Depressão junto a bomba = 140 %  
 Depressão no meio da linha = 130 %

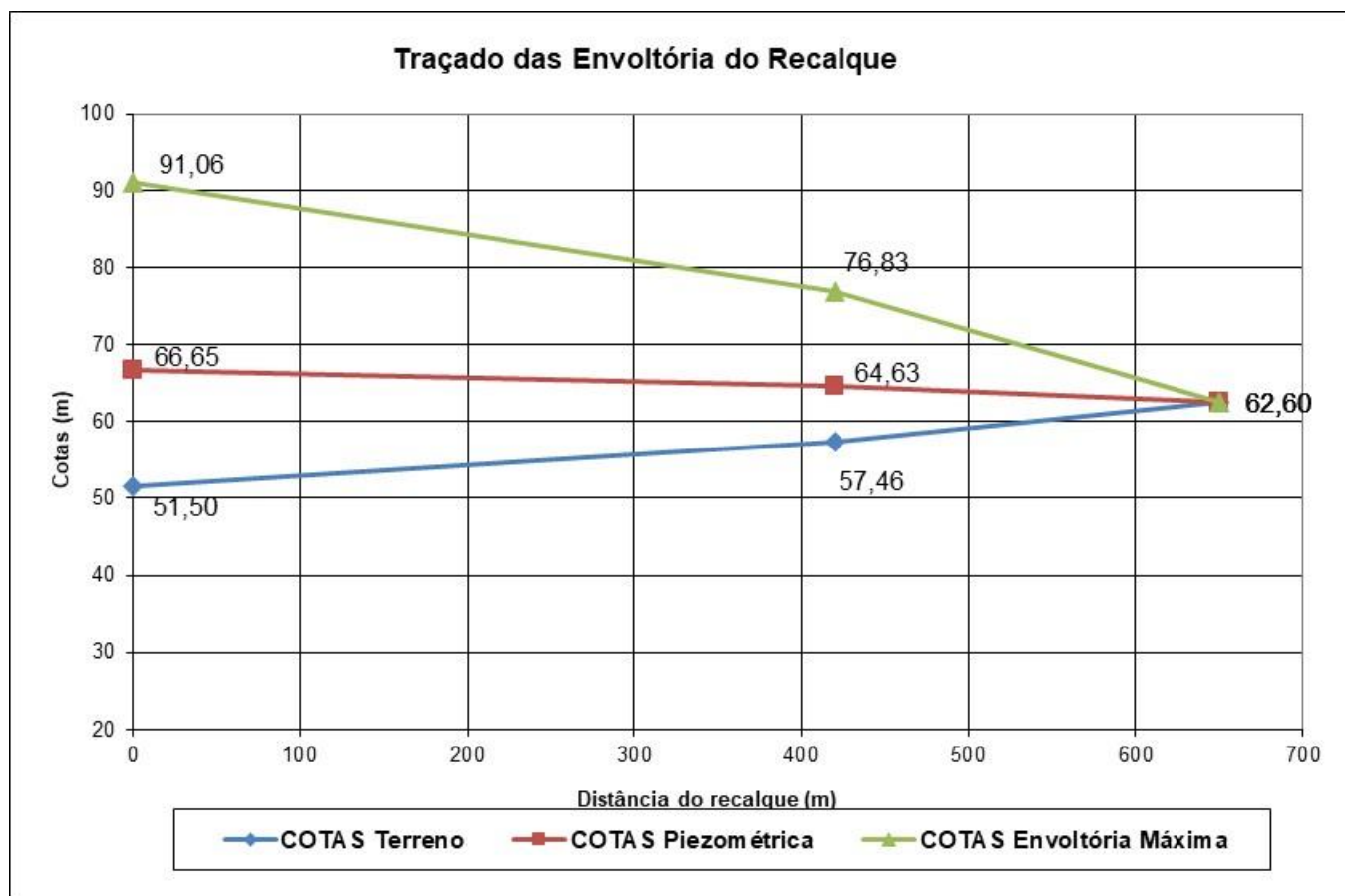
Cargas remanescentes junto a bomba = -40 %  
 Cargas remanescentes no meio da linha = -30 %

Cota NA mín. = 49,220  
 Cota fundo elevatória = 48,770  
 submerg mín = 0,400 m

|                 |                              |        |         |
|-----------------|------------------------------|--------|---------|
| Cargas externas | Junto a bomba                | Mínima | -6,97 m |
|                 |                              | Máxima | 41,84 m |
|                 | No meio da linha<br>recalque | Mínima | -5,23 m |
|                 |                              | Máxima | 40,10 m |

## PERFIL PIEZOMÉTRICO DO RECALQUE

| Distância | COTAS   |              |                      |
|-----------|---------|--------------|----------------------|
|           | Terreno | Piezométrica | Envoltória<br>Máxima |
| 0,00      | 51,50   | 66,65        | 91,06                |
| 420,00    | 57,46   | 64,63        | 76,83                |
| 650,00    | 62,60   | 62,60        | 62,60                |



Com os dados calculados podemos concluir que a tubulação em ferro fundido resistirá a subpressão máxima de 41,84m.

#### 9.8.4. Trecho por conduto livre – emissário por gravidade

##### DIMENSIONAMENTO DO DIÂMETRO DE RECALQUE

|                               |           |
|-------------------------------|-----------|
| K =                           | 1,2       |
| D =                           | 225 mm    |
| DN Adotado =                  | 250       |
| Diam. Interno Adotado =       | 258,0 mm  |
| Área de Escoamento =          | 0,052 m²  |
| Velocidade Q med =            | 0,38 m/s  |
| Velocidade Q recalque =       | 0,67 m/s  |
| Extensão da linha de recalque | 1456,00 m |

##### DESNÍVEL GEOMÉTRICO

|                            |          |
|----------------------------|----------|
| Cota terreno em montante = | 61,200 m |
| Pressão de montante =      | 5,00 m   |

Cota saída = 7,80 m

Desnível geométrica= -58,400



**ENGESOLO ENGENHARIA LTDA.**  
Rua Alcobaça, 1.210 - Bairro São Francisco - CEP: 31.255-210  
Belo Horizonte-MG - Tel.: (31) 2103-4300 - Fax.: (31) 2103-4399  
E-mail: engesolo@engesolo.com.br - www.engesolo.com.br

O Sinal negativo do desnível geométrico indica que o sistema tem carga disponível para o escoamento por gravidade.

#### CÁLCULO DA PERDA DE CARGA DISTRIBUÍDA:

Conforme Fórmula Universal:  $h_f = f (LV^2/D2g)$

$$H_d = f \times \frac{L \times V^2}{D \times 2 \times g} \quad Re = \frac{V \times D}{\nu} \quad f = \frac{0,25}{\left[ \log \left( \frac{\epsilon}{3,7D} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2}$$

|                                          |              |          |
|------------------------------------------|--------------|----------|
| Vazão de Projeto :                       | 0,0360       | m³/s     |
| Diâmetro Interno:                        | 0,2580       | m        |
| Área de Escoamento:                      | 0,0523       | m²       |
| Velocidade do Fluxo:                     | 0,689        | m/s      |
| Viscosidade Cinemática:                  | 0,000001007  |          |
| Número de Reynolds:                      | 176.426,35   |          |
| Coef. Rugosidade "K":                    | 0,00025      | m        |
| Coef de Perdas "f":                      | 0,021239     |          |
| Perda de carga unitária "hf":            | 0,001992     | m/m      |
| Comprimento tubo:                        | 1.456,00     | m        |
| <b>Perda de carga distribuída:</b>       | <b>2,900</b> | <b>m</b> |
| <b>Perda de carga distribuída total:</b> | <b>3,096</b> | <b>m</b> |

A Tabela 33 a seguir apresenta o cálculo do coeficiente K para determinação da perda de carga localizada no sistema devido às peças do trecho por gravidade. Os valores de K para cada singularidade foram extraídos do livro Manual de Hidráulica de Azevedo Netto.

**Tabela 34 - Coeficiente K total – linha de conduto livre**

| Peças                                | DN  | Quant. | K    | K Total     | V (m/s) | Kv²/2g (m)   |
|--------------------------------------|-----|--------|------|-------------|---------|--------------|
| <b>Barrilete e Linha de Recalque</b> |     |        |      |             |         |              |
| <b>Ampliação</b>                     | 200 | 1      | 0,30 | 0,30        | 1,08    | 0,018        |
| <b>C90°</b>                          | 250 | 4      | 0,40 | 1,60        | 0,69    | 0,039        |
| <b>C45°</b>                          | 250 | 5      | 0,20 | 1,00        | 0,69    | 0,024        |
| <b>C22°</b>                          | 250 | 8      | 0,10 | 0,80        | 0,69    | 0,019        |
| <b>Tê passagem direta</b>            | 250 | 5      | 0,60 | 3,00        | 0,69    | 0,073        |
| <b>Saída de canalização</b>          | 250 | 1      | 1,00 | 1,00        | 0,69    | 0,024        |
| <b>Total</b>                         |     |        |      | <b>7,70</b> |         | <b>0,197</b> |



**ANÁLISE DO TRECHOPOR GRAVIDADE**

|                                    |           |
|------------------------------------|-----------|
| Perda de carga total =             | 3,096 m   |
| Carga disponível =                 | 58,40 m   |
| Pressão mín. necessária á montade= | -55,304 m |

Como podemos observar nos cálculos há sobre de energia para o escoamento por gravidade.

**9.8.5. DESCARGAS E VENTOSAS**

A metodologia utilizada para dimensionamento das ventosas e descargas é descrita a seguir.

- Dimensionamento das Descargas

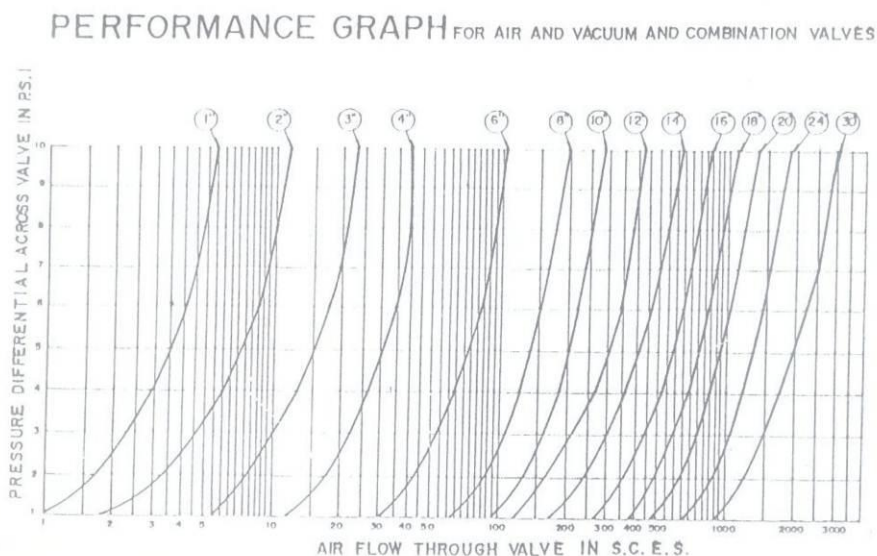
$$d = \left( \frac{2.D^2.L}{T.(6,524.h)^2} \right)^{\frac{1}{2}}, \text{ onde:}$$

- $d$  é diâmetro calculado (m);
- $D$  é o diâmetro da adutora em polegadas;
- $T$  é o tempo de esvaziamento em segundos, adotado 30min.

- Dimensionamento das Ventosas

$$CFS = 0,866(S.D^5)^{\frac{1}{2}}, \text{ onde:}$$

- $CFS$  coeficiente de descarga do ar;
- $D$  é o diâmetro da adutora em polegadas;
- $S$  é relação h/L em m/m.



**Figura 1.** Gráfico de dimensionamento de ventosa

Obs: d (pol) adotado utilizando o gráfico de performance, considerando pressão de colapso de 5 Psi (Figura 8).

A linha do emissário possui 03 ventosas e 03 descargas. O quadro a seguir apresenta as características das ventosas e descargas desta linha.

**Quadro 1.** Características das ventosas e descargas

| Ventosas   |          |                       |
|------------|----------|-----------------------|
| Número     | Estaca   | Diâmetro adotado (mm) |
| Ventosa 1  | 42+3,87  | 80                    |
| Ventosa 2  | 54+1,36  | 80                    |
| Ventosa 3  | 94+18,52 | 80                    |
| Descarga   |          |                       |
| Número     | Estaca   | Diâmetro adotado (mm) |
| Descarga 1 | 41+10,50 | 80                    |
| Descarga 2 | 49+6,52  | 80                    |
| Descarga 3 | 82+12,05 | 80                    |

## 9.9. LEITOS DE SECAGEM

Os leitos de secagem foram dimensionados para desaguamento do lodo proveniente dos reatores anaeróbios, considerando-se um tempo de secagem do lodo de 10 dias e um tempo de limpeza de 6 dias, tem-se um ciclo de 16 dias para os leitos de secagem.

Adotou-se como referência a vazão de lodo diária produzida nos reatores a produção de lodo para cada unidade com capacidade para vazão média de 20 l/s é de 3,48 m<sup>3</sup> por dia.

Assim, adotando-se uma taxa de aplicação de sólidos de 15 kg/m<sup>2</sup>, a área mínima do leito é dada por:

$$A = \frac{P_{\text{total de lodo}} \times 16 \text{ dias}}{T_{AS}}$$

$$A = \frac{106,44 \times 16}{15}$$

$$A = 113,54 \text{ m}^2$$

A lâmina d'água de lodo nos leitos será de:

$$h = \frac{Q_{\text{lodo}} \times 16 \text{ dias}}{A}$$

$$h = 0,490 \text{ m}$$

Se adotarmos a altura máxima permitida pela NBR 12.209/11 de 0,35m, tem-se:

$$A_{\text{leito}} = \frac{Q_{\text{lodo}} \times 16 \text{ dias}}{0,35 \text{ m}}$$

$$A_{\text{leito}} = 159,08 \text{ m}^2$$

Foi adotada área do leito = 160,00 m<sup>2</sup>

Sendo assim, foram adotados 5 células de 5 m x 6 m, cada.

|                                                        |       |                        |
|--------------------------------------------------------|-------|------------------------|
| Produtividade do leito de secagem (P <sub>LS</sub> ) = | 0,71  | KgST/m <sup>2</sup> .d |
| Taxa de sólidos corrigida no leito secagem =           | 11,35 | KgST/m <sup>2</sup>    |
| Captura de sólidos =                                   | 100   | %                      |
| Concentração de sólidos no lodo desaguado =            | 30,00 | %                      |
| Massa específica do lodo desaguado =                   | 1200  | kg/m <sup>3</sup>      |
| Massa de lodo desaguado por ciclo =                    | 1.703 | KgST/ciclo             |
| Volume de lodo desaguado por ciclo =                   | 4,73  | m <sup>3</sup> /ciclo  |
| Volume de clarificado drenado por ciclo =              | 50,93 | m <sup>3</sup> /ciclo  |
| Volume de clarificado drenado por dia =                | 3,18  | m <sup>3</sup> /dia    |

#### 9.10. CASA DE SOPRADORES

Para o sistema de tratamento secundário foi verificada a necessidade de utilização 02 sopradores, sendo 01 unidade para reserva/rodízio, estimado cada um com para pelo menos 195  $\text{stm}^3\text{Ar}/\text{hora}$ . Deverá ser compatibilizado o fornecimento deste equipamento com a tecnologia de tratamento proposta pela contratada e todos as implicações de alterações de projetos necessários.

Os sopradores serão mantidos na sala de sopradores, situada ao lado da unidade de tratamento respeitando o limite de área disponível caso necessário adequações para comportar os equipamentos deverá ser apresentado o projeto executivo. Para garantir a ventilação adequada da sala serão instaladas na sala venezianas fixas em alumínio para entrada de ar frio e saída de ar quente.

#### 9.11. SISTEMA DE REUSO

O tipo de sistema adotado para desinfecção da água de reuso foi o cloro. O sistema aprovado pela CESAN foi a geração do cloro a partir da sulfmoura. Foi considerado um filtro e após o filtro foi dimensionado um tanque de cloração para que o efluente tenha tempo de contato com o cloro para que atenda as normas de reuso em bacias sanitárias.

Dados de entrada:

- Vazão de reuso = 4,5 l/s; 0,0045  $\text{m}^3/\text{s}$ ; 389  $\text{m}^3/\text{d}$ .
- Tempo de contato adotado = 20 minutos
- Dose de cloro = 8,0 mg/l.

##### 9.11.1. Consumo médio de cloro

Em acordo com a CESAN será implantado um equipamento com capacidade de produção de 6 kg/dia de cloro ativo. O sistema será composto por um reservatório de salmoura, dosagem de salmoura e água de diluição, reator/gerador de cloro, bomba centrífuga, reservatório de cloro e sistema de aplicação/dosagem de cloro.

A base do processo é o cloreto de sódio (sal de cozinha) que deve ser condicionado sobre estrados de madeira com capacidade para 420 kg/mês. Neste processo é

consumido em média 4,5 kg de cloreto de sódio e 4,5 KW de energia para produção de 1kg de cloro ativo.

No reator, por ação de energia elétrica contínua de baixa tensão e alta corrente o sal é convertido em Gás Cloro no ânodo e em hidróxido de sódio e hidrogênio no cátodo. A resultante entre a reação do gás cloro e o hidróxido de sódio é a geração do hipoclorito de sódio.

A solução de hipoclorito de sódio a 0,65%, bem como o hidrogênio, saem para um tanque de armazenamento e o hidrogênio é descartado para a atmosfera. O tanque de armazenamento de hipoclorito de sódio será cilíndrico em polietileno com capacidade de 1.000 L.

### Hipoclorito de sódio

#### Armazenamento do sal de cozinha

|                       |                    |
|-----------------------|--------------------|
| Quantidade:           | 420 kg sal por mês |
| Consumo médio mensal: | 8 mg/L             |
| Consumo de sal:       | 14 kg/dia          |

#### Sistema de preparo

01 reator/gerador de cloro  
01 reservatório de salmoura;  
01 bomba dosagem de salmoura  
01 bomba centrífuga.

### 9.11.2. Filtração

Foi considerada filtração com o intuito de reduzir os sólidos em suspensão do tratamento secundário. A turbidez é o parâmetro usual de monitoramento da unidade de filtração, também é válida a correlação entre esta turbidez e a concentração de sólidos em suspensão. Tal parâmetro pode ser utilizada com indicador da remoção de protozoários. A filtração deve preceder o tanque de contato.



## Sistema de filtração

### Filtro e bomba

|                        |                           |
|------------------------|---------------------------|
| Quantidade:            | 1 unidade;                |
| Marca/Modelo:          | Dancor/DFR 30-18          |
| Diâmetro equipamento:  | 76 cm                     |
| Potência:              | 2 cv                      |
| Vazão nominal:         | 18,4 m³/h                 |
| Hmca na vazão nominal: | 7,6 mca                   |
| Carga de areia:        | 240 kg                    |
| Motor bomba:           | 02 polos, 3500rpm, 60 Hz. |

Cabe salientar que o filtro é equipado com bomba Dancor Pratika, válvula seletora bocais Ø50mm (PF-17).

### 9.11.3. Tanque de cloração

A cloração será feita na entrada do tanque de contato. A cloração tem por principal objetivo controlar o odor, reduzir a carga orgânica, exterminar ou controlar agentes patogênicos.

#### Calculo do volume do tanque de cloração:

Para obtermos o volume do tanque de cloração temos que fixar o tempo de contato, que deve estar entre 15 e 45 minutos.

$$\text{Volume} = Q * \text{Tempo de contato}$$

Logo o volume do tanque de cloração deve ser de 5,40 m³.

#### Dimensionamento do canal da câmara de contato:

- Velocidade horizontal = 2,5 m/min (faixa entre 2 a 4,5 m/min);
- Altura do canal = 0,40 m

$$As = \frac{Q}{vel. horizontal}$$

Logo As = 0,11m².

#### Dimensionamento da largura dos canais da câmara de contato:



$$B_{cc} = \frac{\text{Altura do canal}}{A_s}$$

Logo  $B_{cc} = 0,30\text{m}^2$ .

#### Dimensionamento da câmara de contato

Área horizontal do tanque ( $A_{TH}$ )

$$A_{ht} = 13,50 \text{ m}^2$$

$$L_t = 3,67 \text{ m}$$

$$\text{Quantidade de canais} = 13,0 \text{ und}$$

$$\text{Volume real do tanque} = 5,73 \text{ m}^3$$

$$\text{Tempo real de contato} = 1273,73 \text{ s}$$

$$\text{Tempo real de contato} = 21,23 \text{ minutos}$$

#### Logo as dimensões:

$$\text{Largura do canal} = 0,3 \text{ m}$$

$$\text{Comprimento canal} = 3,7 \text{ m}$$

$$\text{Altura do canal} = 0,4 \text{ m}$$

$$n^\circ \text{ canal} = 13,0 \text{ und}$$

$$\text{Volume do tanque} = 5,7 \text{ m}^3$$

$$\text{Tempo} = 21,2289 \text{ min}$$

#### 9.11.4. Sistema de armazenamento de água de reuso

Para que haja nível de água de reuso constante na estação de tratamento de esgoto e para que haja a possibilidade da distribuição através da rede de reuso foi considerado um tanque vertical em PRFV com capacidade de  $30\text{m}^3$ .

Após a saída do tanque de contato a água de reuso será bombeada para o tanque vertical que conforme mencionado servira como reservatório. Abaixo apresentamos as principais informações.

## Bomba água de reuso e Tanque de Armazenamento

### Bomba

|                        |                           |
|------------------------|---------------------------|
| Quantidade:            | 2 unidade;                |
| Marca/Modelo:          | Dancor CHS-17             |
| Potência:              | 1 cv                      |
| Rotor:                 | Ø107mm                    |
| Vazão nominal:         | 17,2 m³/h                 |
| Hmca na vazão nominal: | 20 mca                    |
| Vazão projeto:         | 16,2 m³/h                 |
| Hmca projeto:          | 10 mca                    |
| Peso:                  | 8,90 kg                   |
| Motor bomba:           | 02 polos, 3500rpm, 60 Hz. |

### Reservatório

|             |                       |
|-------------|-----------------------|
| Quantidade: | 1 unidade;            |
| Material:   | PRFV – Fibra de vidro |
| Volume:     | 30m³                  |

Após o armazenamento deverá ser realizada amostras de cloro residual no reservatório e ao longo da rede. O cloro residual é obtida com a diferença entre a concentração ou dose aplicada inicial e a concentração que se mantém após certo tempo. Jordão e Pessôa citam que o cloro residual mínimo na saída do reservatório deve ser de 1,0mg/l não devendo exceder o valor de 2,0mg/l. O pH deve esta entre 6 a 9. A verificação do cloro residual deve ser feita continuamente e caso o cloro residual não atinja o mínimo requerido o mesmo deverá ser corrigido.

### **9.11.5. Sistema de distribuição da água de reuso – Rede Distribuição**

A seguir serão apresentadas as planilhas de cálculo da rede de distribuição do Complexo Penitenciário de Xuri. O dimensionamento foi realizado com auxílio do software EPANET, distribuído gratuitamente pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos da América (US-EPA).

Os dados apresentados levam em conta as seguintes considerações:

- Os dados de vazão, velocidade e perda de carga dos trechos da rede são referentes à vazão de reuso;
- Para cada complexo penitenciário que utiliza o sistema de reuso foram considerados boosters projetados os mesmos foram considerados ligados e

fornecendo ao sistema a máxima altura manométrica indicada pelos fabricantes, levando assim, em alguns casos, a pressões elevadas devido a condição extrema de máxima pressão de sucção e máxima altura manométrica;

Os resultados da rede de distribuição são apresentados a seguir.

### ***Dados dos trechos de rede do Complexo Penitenciário de Xuri***

| Trecho    | Nó Mon. | Nó Jus.  | Comp. (m) | DN (mm) | Material      | Perda Carga (m/km) | OBS |
|-----------|---------|----------|-----------|---------|---------------|--------------------|-----|
| T2        | N1      | N2       | 5,0       | 100     | PVC 15 JE PBA | 3,26               |     |
| T3        | N2      | N3       | 87,5      | 100     | PVC 15 JE PBA | 3,26               |     |
| T4        | N3      | N4       | 41,1      | 100     | PVC 15 JE PBA | 3,26               |     |
| T5        | N4      | N5       | 136,0     | 100     | PVC 15 JE PBA | 3,26               |     |
| T6        | N5      | N6       | 4,2       | 100     | PVC 15 JE PBA | 3,26               |     |
| T7        | N6      | N7       | 6,5       | 100     | PVC 15 JE PBA | 3,26               |     |
| T8        | N7      | N8       | 9,2       | 100     | PVC 15 JE PBA | 3,26               |     |
| T9        | N8      | N9       | 61,5      | 100     | PVC 15 JE PBA | 3,26               |     |
| T10       | N9      | N10      | 42,0      | 100     | PVC 15 JE PBA | 1,73               | 1   |
| T11       | N10     | N13      | 56        | 100     | PVC 15 JE PBA | 1,73               |     |
| T14       | N13     | N14      | 54,2      | 100     | PVC 15 JE PBA | 1,73               |     |
| T17       | N14     | N15      | 44,8      | 75      | PVC 15 JE PBA | 2,14               |     |
| T18       | N15     | N18      | 311,6     | 75      | PVC 15 JE PBA | 2,14               |     |
| T19       | N18     | N19      | 79,31     | 75      | PVC 15 JE PBA | 2,14               |     |
| T20       | N19     | N20      | 175,3     | 75      | PVC 15 JE PBA | 11,11              | 3   |
| T21       | N20     | N21      | 37,1      | 75      | PVC 15 JE PBA | 11,11              |     |
| T22       | N21     | N22      | 79,8      | 75      | PVC 15 JE PBA | 11,11              |     |
| T23       | N22     | N23      | 43,97     | 75      | PVC 15 JE PBA | 11,11              |     |
| T24       | N23     | N24      | 6,65      | 75      | PVC 15 JE PBA | 11,11              |     |
| T25       | N24     | N25      | 8,70      | 75      | PVC 15 JE PBA | 11,11              |     |
| T26       | N25     | N26      | 31,7      | 75      | PVC 15 JE PBA | 11,11              |     |
| T28       | N26     | N27      | 6,5       | 75      | PVC 15 JE PBA | 11,11              |     |
| T29       | N27     | N29      | 157       | 75      | PVC 15 JE PBA | 1,54               |     |
| T31       | N29     | N30      | 10        | 75      | PVC 15 JE PBA | 1,54               | 4   |
| T15       | N14     | N16      | 74,26     | 50      | PVC 15 JE PBA | 12,75              | 2   |
| TR        | N9      | N9.1     | 10        | 50      | PVC 15 JE PBA | 9,58               |     |
| BIII      | N16     | RNV-III  | -         | -       | -             | -                  | 5   |
| BIV       | N9.1    | RNV-IV   | -         | -       | -             | -                  | 6   |
| BUND.NOVA | N30     | RNV-NOVO | -         | -       | -             | -                  | 7   |

### **Observações:**

1: Nó com tomada de água para o reservatório existente de nível variável da Unidade do Complexo Penitenciário IV.

- 2: Nó com tomada de água para o reservatório existente de nível variável da Unidade do Complexo Penitenciário III.
- 3: Nó com ponto de espera para possível ligação da unidade do IASES.
- 4: Nó com tomada de água para o reservatório projetado de nível variável da Unidade do Complexo Penitenciário da Unidade Nova.
- 5: Booster projetado para abastecimento do reservatório existente da Unidade do Complexo Penitenciário III com pressão 5mca.
- 6: Booster projetado para abastecimento do reservatório existente da Unidade do Complexo Penitenciário IV com pressão 10mca.
- 7: Booster projetado para abastecimento do reservatório projetado da Unidade do Complexo Penitenciário Novo com pressão 12mca.

#### **9.11.6. Sistema de bombeamento e reservatório da Unidade do Complexo III**

Com o intuito de armazenar e garantir a estabilidade do atendimento da unidade do complexo penitencio III foi projetado um booster para abastecer um reservatório existente de aço com volume de 30m<sup>3</sup>. A vazão prevista de reuso para este complexo é de 1,2 l/s (4,32m<sup>3</sup>/h) a cota de terreno da área do reservatório 48,50 metros.

Em visita técnica realizada no complexo pode-se observar que no local há abrigo de bomba existente que no caso do projeto o abrigo foi considerado existente havendo apenas a necessidade de instalação das bombas e as respectivas ligações e tubulações. Caso não haja como adaptar ou aproveitar o abrigo de bomba o mesmo deve ser considerado conforme projeto.

## Bomba água de reuso e Tanque de Armazenamento

### Bomba booster III

|                           |                                            |
|---------------------------|--------------------------------------------|
| Quantidade:               | 2 unidade;                                 |
| Marca/Modelo:             | SHNEIDER OU SMILAR/ BC-91 S/T              |
| Potência:                 | 1/6 cv                                     |
| Vazão nominal:            | 5,6 m³/h                                   |
| Hmca na vazão nominal:    | 6,0 mca                                    |
| Vazão projeto:            | 4,32 m³/h                                  |
| Hmca projeto:             | 5,0 mca                                    |
| Rotor:                    | 83mm                                       |
| Motor bomba:              | 02 polos, 3500rpm, 60 Hz, motor WEG IP-21. |
| Pressão máxima sem vazão: | 13,0 mca.                                  |
| Altura máxima de sucção:  | 8,0 mca.                                   |
| DN de sucção:             | 1 ¼ polegadas                              |
| DN de recalque:           | 1 polegadas                                |

### Reservatório existente

|             |            |
|-------------|------------|
| Quantidade: | 1 unidade; |
| Material:   | Aço        |
| Volume:     | 30m³       |

#### **9.11.7. Sistema de bombeamento e reservatório da Unidade do Complexo IV**

Com o intuito de armazenar e garantir a estabilidade do atendimento da unidade do complexo penitencio IV foi projetado um booster para abastecer um reservatório existente de aço com volume de 30m³. A vazão prevista de reuso para este complexo é de 1,4 l/s (5,04 m³/h) a cota de terreno da área do reservatório 50,60 metros.

Em visita técnica realizada no complexo pode-se observar que no local há abrigo de bomba existente, que no caso do projeto o abrigo foi considerado existente havendo apenas a necessidade de instalação das bombas e as respectivas ligações e tubulações e uma reforma na estrutura, caso necessário. Caso não haja como adaptar ou aproveitar o abrigo de bomba o mesmo deve ser considerado conforme projeto.



## Bomba água de reuso e Tanque de Armazenamento

### Bomba booster IV

|                           |                                            |
|---------------------------|--------------------------------------------|
| Quantidade:               | 2 unidade;                                 |
| Marca/Modelo:             | SHNEIDER OU SMILAR/ BC-91 S/T              |
| Potência:                 | 1/3 cv                                     |
| Vazão nominal:            | 5,2 m³/h                                   |
| Hmca na vazão nominal:    | 12 mca                                     |
| Vazão projeto:            | 5,04 m³/h                                  |
| Hmca projeto:             | 10,0 mca                                   |
| Rotor:                    | 97mm                                       |
| Motor bomba:              | 02 polos, 3500rpm, 60 Hz, motor WEG IP-21. |
| Pressão máxima sem vazão: | 18,0 mca.                                  |
| Altura máxima de sucção:  | 8,0 mca.                                   |

### Reservatório existente

|             |            |
|-------------|------------|
| Quantidade: | 1 unidade; |
| Material:   | Aço        |
| Volume:     | 30m³       |

#### 9.11.8. Sistema de bombeamento e reservatório da Unidade Nova

Com a implantação de uma nova unidade do complexo penitenciário, que a mesma foi projetada para receber água de reuso nas bacias sanitárias projetamos um booster e um reservatório de PRFV com volume de 30m³ para atender a essa unidade.

A vazão prevista de reuso para o novo complexo é de 1,3 l/s (4,68 m³/h) a cota de terreno da área do reservatório 48,00 metros.

## Bomba água de reuso e Tanque de Armazenamento

### Bomba booster Unidade Nova

|                           |                                            |
|---------------------------|--------------------------------------------|
| Quantidade:               | 2 unidade;                                 |
| Marca/Modelo:             | SHNEIDER OU SMILAR/ BC-91 S/T              |
| Potência:                 | 1/3 cv                                     |
| Vazão nominal:            | 4,6 m³/h                                   |
| Hmca na vazão nominal:    | 13 mca                                     |
| Vazão projeto:            | 4,68 m³/h                                  |
| Hmca projeto:             | 12 mca                                     |
| Rotor:                    | 97mm                                       |
| Motor bomba:              | 02 polos, 3500rpm, 60 Hz, motor WEG IP-21. |
| Pressão máxima sem vazão: | 18,0 mca.                                  |
| Altura máxima de sucção:  | 8,0 mca.                                   |

### Reservatório projetado

|             |                        |
|-------------|------------------------|
| Quantidade: | 1 unidade;             |
| Material:   | PRFV – Fibra de Vidro. |
| Volume:     | 30m³                   |

## 10. MANUAL DE OPERAÇÃO

### 10.1. COMENTÁRIOS INICIAIS

Esse documento tem por objetivo delinear os princípios norteadores das operações, atividades, procedimento e principalmente a postura face à colocação em operação da Estação de Tratamento de Esgoto do Complexo Penitenciário de Xuri. As recomendações contidas nesses procedimentos não se sobrepõem às instruções dos supervisores dos fornecedores e/ou às instruções contidas nos Manuais de Operação e Manutenção dos Equipamentos por eles fornecidos. Portanto, ANTES de iniciar os testes:

O critério mais importante na operação de qualquer planta é da Segurança e Higiene no Trabalho, na fase pré-operacional e de início de operação esse critério deve ser encarado como mandatório e sua aplicação deve ser encarada como fase educacional. É importantíssimo que as equipes de operação e de manutenção tenham recebido treinamento teórico e se possível prático em planta semelhante, se isso não for possível, pelo menos tenham noções mínimas de operação em equipamentos semelhantes. Para sucesso da operação tanto inicial como após o “recebimento das chaves” é mandatório o comprometimento dos níveis gerencias e de direção.

Para iniciar a operação de qualquer unidade de produção é necessária a limpeza das unidades componentes, a verificação da conformidade das instalações elétricas e de instrumentação aos requisitos do projeto. Os controles e instrumentos devem estar calibrados e ajustados, bem como os equipamentos eletromecânicos. Estes cuidados podem não ser suficientes para uma boa operação SE as equipes de operação e manutenção não estiverem adequadamente treinadas, tanto nas operações como na segurança pessoal e dos equipamentos.

ATENÇÃO:

***A equipe de Higiene e Segurança no trabalho deve analisar as tarefas componentes das operações, elaborando a Análise de Risco na Tarefa, ANTES que se iniciem as tarefas e definir os Equipamentos de Proteção Individual (EPI) e eventuais contramedidas para as situações de risco***

### 10.2. OPERAÇÕES E CALIBRAÇÃO DE INSTRUMENTOS PARA PARTIDA DOS EQUIPAMENTOS

Ao término da construção civil das unidades constituintes as unidades devem ser limpas, deverá ser removido qualquer material estranho da área e testá-las quanto à estanqueidade das unidades. As tubulações após serem instaladas devem ser limpas e sopradas para

eliminação de qualquer material que possa ter sido deixado durante sua montagem. Os cabos condutores de energia elétrica e aqueles destinados à instrumentação e controle devem estar conectados aos pontos determinados e os conduites não devem ter cantos vivos que possam cortar seus isolamentos. Os conduites de reserva estarão com suas extremidades tapadas por “plugs” adequados.

Enquanto são feitas essas verificações das condições acima para entrega para o pré-teste, deve ser providenciada a calibração de toda instrumentação requerida.

A calibração da instrumentação de controle e supervisão segue normas internacionais consagradas que não estão no âmbito do presente relatório; além disso, os manuais de manutenção dos instrumentos trazem o procedimento a ser seguido para calibração. Antes da calibração é importante que as conexões elétricas sejam verificadas de forma a estarem compatíveis com os esquemas de ligação. Essa calibração inclui os manômetros (PI), termômetros colocados na sucção e/ou descarga de bombas e tubulações de entrada e saída de equipamentos, bem como indicadores/controladores de vibração colocados em mancais e carcaças.

Para calibração de instrumentos de análises químicas está além de seguir os métodos indicados pelos fornecedores deverá empregar soluções padrão também fornecidas por eles. No laboratório de análises serão preparadas as soluções químicas necessárias às análises.

As conexões elétricas deverão ser verificadas se estão conforme os esquemas elétricos, quando possível o motor elétrico deve ser conectado à fonte e desacoplado do equipamento que aciona ligado para verificar o sentido de rotação, se necessário a conexão deve ser refeita. Os cabos de condução de energia devem ser verificados à falha a terra.

Equipamentos rotativos, alternativos ou não devem ter seu alinhamento verificado e as tolerâncias respeitadas. É importante que seja verificado também o alinhamento entre os equipamentos e as tubulações, de forma a que não sejam transmitidos esforços das tubulações para os equipamentos, em hipótese alguma se deve empregar o aperto dos parafusos de flanges para ajustar esse alinhamento.

Os mancais devem ser lubrificados e os reservatórios de óleo lubrificante devem ser cheios. As válvulas, mesmo as motorizadas, devem ser lubrificadas e abertas totalmente e em seguida fechadas, nessa operação se deve verificar a facilidade de abertura e fechamento; havendo dificuldades ou emperramento deverão ser desmontadas e verificadas. É importante notar que nessa fase as válvulas motorizadas serão acionadas manualmente, com os motores

desligados, nessa operação se deve verificar a abertura e fechamento das chaves limites de proteção.

### 10.3. PROCEDIMENTOS PRÉVIOS PARA COLOCAÇÃO EM OPERAÇÃO

Nas áreas de processo da ETE lembrar que o esgoto sanitário carrega vetores de diversas doenças nunca fumar, comer ou ingerir líquidos. Após cumprimento de tarefas nessa área lavar as mãos com detergente após enxágue-as com solução de álcool iodado.

Após as providencias enunciadas no item anterior e com os equipamentos e tubulações limpos e alinhados se pode iniciar o pré-teste ou teste a frio descritos a seguir.

Nos próximos procedimentos máquinas rotativas serão testadas, portanto especial atenção deve ser dada aos operadores e às máquinas. Os operadores devem ser instruídos para não ajustar partes girantes quando estas estiverem em operação. A equipe de segurança do trabalho deve orientar a execução das tarefas que compõem estes trabalhos e garantir que os procedimentos sejam executados sem riscos aos operadores.

Antes de iniciar testes em máquinas rotativas verificar:

- Os mancais estão lubrificados – VEJA o nível de óleo ou as graxeiras;
- Há possibilidade de desconectar a máquina acionada do acionador. Havendo, desconecte-os;
- As porcas dos chumbadores estão apertadas. SE não estiverem, Verifique o nivelamento e aperte-as;
- A tensão da corrente elétrica está correta. SE não estiver (abaixo ou acima) peça uma verificação por parte da Operação Elétrica. SE estiver em discordância com o projeto corrija ANTES de qualquer outra providência.
- Evite acionar bombas hidráulicas vazias (sem líquido) ou sem escorvâ-las, se for o caso.

### 10.4. PRÉ-TRATAMENTO DA ESTAÇÃO

Unidade responsável em receber o esgoto bruto afluente à ETE para remoção de material grosseiro, areia e gordura.

Verificar a operação das comportas, abra e feche testando-as para um funcionar de forma suave e sem emperrar.



#### **10.4.1. Grade de Limpeza Manual**

Sua limpeza será manual e quando necessária poderá utilizar o fechamento do fluxo no canal e abrir o canal do by-pass para a passagem do afluente, sendo direcionado para a elevatória de esgoto bruto e recirculação. O material retido deverá ser descarregado para a caçamba estacionária localizada no pátio.

#### **10.4.2. Caixa de Areia**

A caixa de areia é composta por dois canais em paralelo. A limpeza de cada canal deverá ser feita separadamente através do fechamento das comportas, a partir da inspeção visual. A remoção dos depósitos de areia poderá ser manual utilizando ferramentas ou deverá ser feito a descarga de fundo sendo descarregado para a caçamba estacionária localizada no pátio.

#### **10.4.3. Caixa de Gordura**

Verifique o nível do tambor de recolhimento de gorduras, quando estiver cheio, deve-ser succionando pelo caminhão sugador anotando o dia x horário. Comparando-o com o dia x horário de início dos testes, se tem o volume de gordura separada. O material deverá ser encaminhado ao aterro sanitário.

#### **10.4.4. Sistema de Desodorização**

O exaustor é o equipamento responsável para direcionar todo gás liberado na chegada do afluente ao pré-tratamento nas elevatórias de esgoto bruto e de recirculação e do efluente tratado até o sistema de tratamento de gases biológico através de leito filtrante.

Verificar o sentido de rotação do motor do exaustor. Se a transmissão motor/ventilador for por meio de correias, desconectar e ligar o motor para verificação. Se a conexão for por acoplamento mecânico, desconectar prender de modo a que não interfira com a rotação e faça o teste. Se necessário corrigir, montar o acoplamento ou recolocar as correias ajustando-as.

Acionar o ventilador por algum tempo observando se há vibração notável, o aquecimento dos mancais e ocorrência de ruídos estranhos.

Observar os seguintes procedimentos:

- a) Ligue os aspersores do Tratamento de Gases por aproximadamente 5 minutos. Isso fará com que a grama fique úmida e ajude no tratamento;
- b) Ligue o exaustor e verifique e anote a tensão e a corrente da energia elétrica consumida pelo motor. Observe o aquecimento dos mancais e ocorrência de vibração ou ruído;



- c) Inicialmente, a cada hora deverá ser verificada a necessidade de umectação do leito. Sempre que for necessário, anote o horário de início e fim da umectação, esses valores permitirão o ajuste dessa operação.

## 10.5. TRATAMENTO SECUNDÁRIO

### 10.5.1. Elevatória de Recirculação

Confirmar que as tubulações estão limpas e livres de objetos estranhos (trapos, ferramentas, luvas e, etc.). A seguir proceder:

- a) Verificar se as bombas estão lubrificadas;
- b) Anotar a tensão, corrente do motor, a pressão de descarga e a vazão debitada;
- c) Estando estáveis os parâmetros operacionais, DESLIGUE.

**ATENÇÃO:** Ao desligar a bomba verifique se ela gira em sentido contrário; SE estiver FECHÉ IMEDIATAMENTE a válvula de descarga para interromper o fluxo no sentido contrário. REPARE a Válvula de Retenção da bomba. Repita o teste.

Durante os testes, inspecionar as tubulações do barrilete; a mesma não deve se movimentar ou apresentar vazamentos. Se ocorrer interrompa o teste, sane os defeitos e prossiga.

ANOTE a pressão de descarga, a vazão debitada pela tubulação, à tensão e corrente do motor, compare os valores obtidos com os valores de testes de desempenho, cujas curvas se encontram no Manual de Operação e Manutenção preparada pelo Fornecedor do equipamento.

Para execução dos testes o nível do poço de sucção de lodo pode chegar ao seu valor mínimo, o que deve desligar a bomba em teste, nesse caso, providencie seu reenchimento e prossiga com o teste. Anote o valor do nível mínimo.

### 10.5.2. Reator UASB, BF e DS

A Estação de Tratamento de Esgoto UASB (Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente e Manta de Lodo) + BF (Biofiltro Aerado Submerso) + DS (Decantador Secundário), constitui-se em um processo biológico, removendo sólidos em suspensão, matéria orgânica, nutrientes e organismos patogênicos. Por se tratar de um sistema pré-fabricado, o manual de operação deverá ser fornecido pela empresa contratada responsável por projetar e instalar essa unidade.

As operações de pré-testes e de testes deverão ser conduzidas pelo Supervisor do Fornecedor, que será responsável pelos ajustes e pelas instruções operacionais.



A equipe de Higiene e Segurança no trabalho deve analisar as tarefas componentes das operações, elaborando a Análise de Risco na Tarefa, ANTES que se iniciem as tarefas e definir os Equipamentos de Proteção Individual (EPI) e eventuais contramedidas para as situações de risco.

## 10.6. TRATAMENTO DE LODO

### 10.6.1. Leito de Secagem

A partir da inspeção visual, verificar se o lodo apresenta rachaduras, indicando a necessidade de remoção. A remoção deverá ser feita manualmente com o auxílio de ferramentas como pá e carrinho de mão. O material removido deverá ser descarregado para a caçamba estacionária localizada no pátio, ao lado do leito, e encaminhado para o aterro sanitário.

A equipe de Higiene e Segurança no trabalho deve analisar as tarefas componentes das operações, elaborando a Análise de Risco na Tarefa, ANTES que se iniciem as tarefas e definir os Equipamentos de Proteção Individual (EPI) e eventuais contramedidas para as situações de risco.

## 11. ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE EQUIPAMENTOS

Seguem as especificações técnicas das válvulas e equipamentos referentes à Melhoria do Sistema de Esgotamento Sanitário.

### 11.1. TRATAMENTO SECUNDÁRIO COMPACTO

As unidades a serem propostas por fornecedor específico para a ETE Compacta deverão considerar os limites da Planta de Implantação e Situação (desenho CESAN nº C-050-000-92-5-XX-0003), observando ainda as demais unidades projetadas.

Após definição do fornecedor da ETE compacta, este ficará a cargo de ajustes de todos os projetos (hidráulico, estrutural e elétrico) para interligação com as demais unidades projetadas e alterações de equipamentos necessários para a tecnologia proposta de tratamento. Todo ônus envolvido nesse processo deverá ser considerado na elaboração da proposta.

Ainda em relação ao processo citado no parágrafo acima, serão admitidos pequenos rearranjos internos das unidades da ETE, para que se adeque ao projeto proposto (novo layout), desde que atenda as interligações funcionais entre as unidades e se mantenha as áreas livres disponíveis.

#### 11.1.1. Escopo de Fornecimento

O escopo de fornecimento consiste no projeto, fabricação, fornecimento e montagem da ETE compactas do tipo UASB+BF+DS, conforme especificado neste documento.

O fornecimento incluirá os seguintes itens principais:

- 01 Reatores Anaeróbios de Manta de Lodo (UASB)
- 01 Biofiltros Aerados Submersos com remoção de Matéria Orgânica (BF);
- 01 Decantadores Secundários (DS);
- 01 Queimadores de Gás;
- Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas;
- Painel Elétrico e de Automação;
- Ensaio e testes na fábrica;
- Transporte do material necessário até o local determinado para execução dos serviços;
- Supervisão, reparos e correções necessárias durante a montagem;



- Utilização de mão-de-obra especializada;
- Ensaio de funcionamento após instalação;
- Instalações elétricas dos equipamentos constantes do projeto da ETE;
- Pintura completa e proteção;
- Suporte técnico para Licenciamento, implantação e operação da ETE junto ao órgão ambiental, fornecendo a documentação necessária para aprovação como: projetos, memoriais descritivos e de cálculo e manual de operação e manutenção;
- Assessoria Técnica para a partida do Sistema e treinamento dos operadores.

### 11.1.2. Normas

O dimensionamento deverá se basear na norma NBR 12209:2011, com destaque para o item 6.4 da mesma que dispõe sobre tratamento anaeróbio com reator do tipo UASB.

Um resumo dos principais critérios e parâmetros que norteiam o projeto de reatores UASB para o tratamento de esgotos domésticos é apresentado na Tabela 35 a seguir.

**Tabela 35** – Resumo dos principais critérios e parâmetros hidráulicos para o projeto de reatores UASB tratando esgotos domésticos.

| CRITÉRIO / PARÂMETRO                             | FAIXA DE VALORES EM FUNÇÃO DA VAZÃO |                       |
|--------------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------|
|                                                  | Para Q <sub>méd</sub>               | Para Q <sub>máx</sub> |
| Tempo de detenção hidráulica (h)*                | ≥7                                  | ≥4,5                  |
| Velocidade ascendente do fluxo (m/h)             | 0,5 à 0,7                           | <1,2                  |
| Velocidade nas aberturas para o decantador (m/h) | ≤2,5                                | ≤4                    |
| Tempo de detenção hidráulica no decantador (h)   | ≥1,5                                | >0,6                  |

(\*) para temperatura média do esgoto nos meses mais frios do ano de 22 a 25 °C.

O tratamento secundário compacto, objeto desta especificação, deverá ser fabricado por fornecedores com experiência na fabricação de produtos iguais ou similares.

As instruções da Especificação Técnica para Fornecimento e Montagem de Materiais e Equipamentos devem ser aplicadas, onde cabível.

Poderá ser proposto materiais construtivos de qualidade comprovada igual ou superior ao material especificado.

### 11.1.3. Características Técnicas e Construtivas

O projeto deverá considerar os dados e características do sistema descritos neste relatório, sendo os principais:

- DBO de entrada = 220 mg O<sub>2</sub>/l;
- Vazão média de cada estação = 20 l/s;
- Eficiência de tratamento mínima requerida (UASB+BF+DS) = 90%.

Foi representada em projeto uma unidade do tipo circular com diâmetro de aproximadamente 12 metros. A área prevista e disponível para implantação desta unidade compacta é de cerca de 27,50 m<sup>2</sup>. As cotas de terreno e chegada/saída das tubulações especificadas no projeto são fundamentais para o funcionamento da Estação de Tratamento e deverão ser atendidas. Na ocasião da obra, estas poderão ser adequadas conforme unidade fornecida, desde que mantida a concepção do projeto.

A carga média prevista para a ETE, estimada para consideração do projeto estrutural para o reator compacto, foi em torno de 7 toneladas/m<sup>2</sup>.

- Sopradores

O projeto prevê a utilização de (02) sopradores para aeração do Biofiltro, sendo um (01) reserva. A vazão de ar requerida deverá ser dimensionada pelo fabricante da ETE Compacta.

- Queimador de gás

Estes equipamentos e sua interligação ao sistema deverão ser especificados e fornecidos pelo fabricante da ETE compacta.

O queimador de gás deverá ser provido de protetor de chama e sistema de ignição automático.

### 11.1.4. Especificação materiais de construção

As unidades poderão ser construídas conforme projeto de implantação, ou em formato/dimensões que se adequem à proposta inicial, respeitando a área prevista no projeto. Os materiais admitidos são: Aço Carbono / Inox, PRFV (Poliéster Reforçado com Fibra de Vidro), PEAD (Polietileno de Alta Densidade) ou Concreto Armado.

Poderá ser avaliada a instalação considerando o material de melhor custo, desde que esteja compatível com a área disponível para implantação da obra, obedecendo às necessidades de interligação das unidades, e ter flexibilidade operacional possibilitando a manutenção sem paralisação do sistema.



Deverá ser mantida a garantia de integridade da unidade, devendo atender no projeto proposto as características de classe de agressividade ambiental IV “conforme NBR 6118”, caracterizada como muito forte e risco elevado de deterioração da estrutura.

### **A) CONSTRUÇÃO EM AÇO CARBONO**

Para adoção do aço carbono, deverão seguir as normas abaixo:

- Chapas de Aço Carbono - SAE 1008 / SAE1020 / ASTM-A36;
- Chapas Xadrez em Aço Carbono - SAE 1020 OU A36;
- Chapa-Piso em Alumínio em Espessura de 2,7MM;
- Perfis em Aço Carbono - SAE 1020 / ASTM-A36;
- Barras Redondas em Aço - SAE 1020;
- Tubo em Aço Carbono - DIN2440, Classe Média;
- Parafusos, Porcas e Arruelas em Aço Inoxidável;
- Tubos para Água em PVC NBR 5688/5648;
- Tubo de PVC Rígido Ocre EB 892 NBR7362;
- Tubos e Conexões de Ferro Fundido;
- Flanges em Chapa de Aço Carbono A36;
- Registros e Válvulas em Ferro Fundido Tipo Esfera e Wafer - CLASSE 125 LB. Materiais deverão ter certificados de qualidade técnica de composição e características, fornecido pela siderúrgica e distribuidor, e responsabilidade técnica (ART) firmada pela própria empresa fabricante das unidades.
- Soldas: os profissionais que executarão as soldas deverão apresentar certificado de qualificação dos soldadores e deverão executadas pelos processos AWS A 5.1 SMAW # E7018 E ou AWS 5.18 GMAW # MIG ER 70S
- Teste Hidrostático: deverá ser testada hidrostaticamente, com as tubulações e conexões instaladas.

#### • **Especificações mínimas do tratamento anticorrosivo e pintura para aço carbono**

O tratamento anticorrosivo, deverá atender a norma SIS 055900-84 e ser resistente à ação de intempéries sem provocar danos ao funcionamento operacional do sistema.

Segue abaixo a especificação mínima do tratamento anticorrosivo para peças em aço e orientações mínimas para preparo da superfície e aplicação:

#### **FUNDO:**

Pintura interna:





1 (uma) demão de Primer Epóxi (SV - 80% +/-2) com espessura 75 µm (na indústria).  
3 (três) demãos de Epóxi Poliamida (SV - 80% +/-2), com espessura mínima total de 400 µm.  
ou

1 (uma) demão de Primer Epóxi (SV - 80% +/-2) com espessura 50 µm (na indústria).  
4 a 5 (quatro a cinco) demãos de Poliuretano Vegetal, com espessura mínima total de 1000 µm (1 Kg/m²).

Pintura externa:

As superfícies das chapas do fundo em contato com o concreto:

1 (uma) demão de Primer Epóxi (SV - 80% +/-2) com espessura 75 µm (na indústria).  
1 (uma) demão de primer epóxi betuminoso com espessura de película seca de 300 µm.

### COSTADO:

Pintura interna:

1 (uma) demão de Primer Epóxi (SV - 80% +/-2) com espessura 75 µm (na indústria).  
3 (três) demãos de Epóxi Poliamida (SV - 80% +/-2), com espessura mínima total de 400 µm.  
ou  
1 (uma) demão de Primer Epóxi (SV - 80% +/-2) com espessura 50 µm (na indústria).  
4 a 5 (quatro a cinco) demãos de Poliuretano Vegetal, com espessura mínima total de 1000 µm (1 Kg/m²).

Pintura externa:

1 (uma) demão de Primer Epóxi (SV - 80% +/-2) com espessura 120 µm (na indústria).  
2 (duas) demãos de Poliuretano Alifático com espessura 80 µm  
ou  
1 (uma) demão de Primer Epóxi (SV - 80% +/-2) com espessura 50 µm (na indústria).  
2 a 3 (duas a três) demãos de Poliuretano Vegetal, com espessura mínima total de 500 µm (0,5 Kg/m²).

### DIVISÓRIAS:

Pintura nas faces:

1 (uma) demão de Primer Epóxi (SV - 80% +/-2) com espessura 75 µm (na indústria).  
3 (três) demãos de Epóxi Poliamida (SV - 80% +/-2), com espessura mínima total de 400 µm.  
ou  
1 (uma) demão de Primer Epóxi (SV - 80% +/-2) com espessura 50 µm (na indústria).

4 a 5 (quatro a cinco) demãos de Poliuretano Vegetal, com espessura mínima total de 1000  $\mu\text{m}$  (1 Kg/m<sup>2</sup>).

#### CÂMARA DE GÁS, DEFLETORES E SEPARADORES:

Pintura nas faces:

1 (uma) demão de Primer Epóxi (SV - 80% +/-2) com espessura 75  $\mu\text{m}$  (na indústria).

3 (três) demãos de Epóxi Poliamida (SV - 80% +/-2), com espessura mínima total de 400  $\mu\text{m}$ .

ou

1 (uma) demão de Primer Epóxi (SV - 80% +/-2) com espessura 50  $\mu\text{m}$  (na indústria).

4 a 5 (quatro a cinco) demãos de Poliuretano Vegetal, com espessura mínima total de 1000  $\mu\text{m}$  (1 Kg/m<sup>2</sup>).

#### TUBULAÇÕES EXTERNAS:

Pintura externa:

1 (uma) demão de Primer Epóxi (SV - 80% +/-2) com espessura 120  $\mu\text{m}$  (na indústria).

2 (duas) demãos de Poliuretano Alifático, com espessura 80  $\mu\text{m}$

ou

1 (uma) demão de Primer Epóxi (SV - 80% +/-2) com espessura 50  $\mu\text{m}$  (na indústria).

2 a 3 (duas a três) demãos de Poliuretano Vegetal, com espessura mínima total de 500  $\mu\text{m}$  (0,5 Kg/m<sup>2</sup>).

#### TUBULAÇÕES ENTERRADAS:

Pintura externa:

2 (duas) demãos de Primer Epóxi (SV - 80% +/-2) com espessura 200  $\mu\text{m}$  (na indústria).

ou

1 (uma) demão de Primer Epóxi (SV - 80% +/-2) com espessura 50  $\mu\text{m}$  (na indústria).

2 a 3 (duas a três) demãos de Poliuretano Vegetal, com espessura mínima total de 500  $\mu\text{m}$  (0,5 Kg/m<sup>2</sup>).

#### PREPARO DE SUPERFÍCIES

A limpeza da superfície metálica deverá ser realizada mediante ar comprimido e abrasivo, para a completa remoção de traços de óxidos e carepas, de modo a proporcionar a rugosidade adequada para a boa aderência do produto, já que sua ancoragem acontece de forma mecânica. O padrão de limpeza mais indicado ao jateamento é o tipo Sa 2½ (conforme a norma SIS 055900-84) “ao metal quase branco” sem o reaproveitamento do abrasivo (granalha).

OBS: As juntas soldadas em campo deverão ser testadas por líquido penetrante com emissão de laudo, e tratadas com limpeza mecânica, conforme procedimentos técnicos.

### PROCEDIMENTOS PARA APLICAÇÃO

Quando se fizer necessário emendar o revestimento ou aplicar sobre camada já curada, faz-se imprescindível o lixamento, até a quebra do brilho do referido revestimento, por uma faixa de 20 cm, que servirá de ponte de aderência entre as películas. A ancoragem do produto acontece de forma mecânica, o que é favorecido em superfícies porosas.

OBS1: Deverá ser observado o intervalo entre as demãos para não haver polimerização (formação de película monolítica – prejudicando a aderência) do produto, conforme procedimentos técnicos de cada produto a ser aplicado.

OBS2: Deverá ser realizados testes de arrancamento e verificação da espessura das camadas, apresentando laudo de profissional habilitado e qualificado, e aprovado pela fiscalização.

### **B) CONSTRUÇÃO EM PRFV (POLIÉSTER REFORÇADO COM FIBRA DE VIDRO)**

Considerar em seus processos de fabricação, resinas poliéster vinil ester com inibidor de raios ultravioletas e fibra de vidro reforçada, através do processo de fabricação (fillament wilding – FW); como segue:

- O laminado interno (liner) deverá suportar aos ataques químicos, e proporcionar melhores resistências aos impactos e as abrasões; deverá ser constituído de dupla camada de véu de vidro ou sintético com gramatura de 35 Gr/cm², com proporção de 90% de resina e 10% de vidro ou poliéster.
- O laminado intermediário (barreira química) deverá proteger o laminado estrutural, constituído de dupla camada de manta de fibra de vidro com gramatura de 450 Gr/cm², com proporção de 70% de resina e 30% de manta de fibra de vidro.

- O processo fillament wilding – FW deverá assegurar a capacidade de resistência aos esforços externos e internos atuantes no laminado, constituído de camadas alternadas de mantas de fibra de vidro com gramatura de 450 Gr/cm<sup>2</sup> e tecidos de fibra de vidro com gramatura de 600 Gr/cm<sup>2</sup>, com proporção de 70% de resina e 30% de manta de fibra de vidro. As quantidades de mantas e tecidos deverão ser dimensionadas em função das resistências mecânicas desejadas para cada uma das peças a serem fornecidas.
- O laminado externo (proteção contra UV), que deverá proteger o laminado estrutural contra as intempéries e raios solares; constituído de camada de véu de vidro ou sintético com gramatura de 35 Gr/cm<sup>2</sup>, com proporção de 90% de resina e 10% de vidro ou poliéster, seguido de camada de resina parafinada contendo aditivo inibidor a absorção de raios ultravioleta com espessura entre (0,10 a 0,25) milímetros. A cura deverá ser processada á temperatura ambiente ou em estufas apropriadas.

### **C) ESPECIFICAÇÕES DO TRATAMENTO E PINTURA PARA UNIDADE EM PRFV**

Deve ser fabricada em PRFV com liner e barreira química em resina éster vinílica, totalmente estanque, com alta resistência química e mecânica para atender o que determina o item 5.2 da NBR-7229/93 e 4.1.3 da NBR-13969/97 principalmente no que se refere ao ataque químico de substâncias contidas no esgoto, devendo ter as paredes do costado paralelas com espessura não menor que 10 mm e deve ser constituído das seguintes camadas:

- Camada interna – Liner;
- Barreira química;
- Reforço estrutural;
- Reforço Interno;
- Reforço Externo;
- Acabamento;

Deve utilizar pintura interna e externa tipo PU que confere ao tanque resistência às intempéries.

Peças metálicas que integram os equipamentos deverão ser protegidas com pintura epóxi e PU conforme descrito acima, com no mínimo 200 µm de espessura.

## Esquema de Pintura

| Camadas    | Demãos | Tintas Recomendadas            | Método de Aplicação     | Intervalo (h) | Espessura por demão (micrômetro) | Redução de brilho |
|------------|--------|--------------------------------|-------------------------|---------------|----------------------------------|-------------------|
| Acabamento | 2      | Esmalte Poliuretânico Acrílico | Pistola/ Rolo / Trincha | 2 a 4         | 75 a 100                         | Redução < 5,0     |
|            |        | Alifático Bi componente (PU).  |                         |               |                                  |                   |

**D) CONSTRUÇÃO EM CONCRETO ARMADO**

Deverá ser considerado as estruturas projetadas em concreto armado para uma vida útil de cinquenta anos, conforme estabelece a norma NBR 15575-1 (norma de desempenho). A Classe de Agressividade Ambiental (CAA) adotada será a IV, muito forte, da norma NBR 6118:2014. A partir destas premissas e de acordo com a NBR 6118:2014 o projetista deverá adotar a classe de resistência do concreto, a relação água/cimento e o cobrimento das armaduras.

Deverá também ser considerado no cálculo estrutural as aberturas limites de fissuras na superfície do concreto, NBR 6118:2014, de modo a minimizar infiltrações para seu interior, contribuindo para a durabilidade das mesmas.

Em complemento às medidas de projeto, deverá ser previsto sistema de pintura impermeabilizantes/impermeabilização das estruturas de concreto com finalidade de retardar o ataque de gases e elementos químicos nocivos ao concreto e armadura, bem como garantir a estanqueidade da estrutura, com garantia mínima de 05 (cinco) anos.

**11.1.5. Inspeções, Ensaios e Testes****Testes de Fábrica**

A CESAN se reserva o direito de vistoriar as instalações do fabricante, acompanhar a fabricação e testes de aprovação do equipamento. Antes que o equipamento seja carregado, o fabricante deverá executar na fábrica testes de funcionamento e de aceitação, com elaboração de relatórios correspondentes, os quais devem ser submetidos à aprovação da CESAN.

**Testes de Campo****ENGESOLO ENGENHARIA LTDA.**

Rua Alcobaça, 1.210 - Bairro São Francisco - CEP: 31.255-210  
Belo Horizonte-MG - Tel.: (31) 2103-4300 - Fax.: (31) 2103-4399  
E-mail: engesolo@engesolo.com.br - www.engesolo.com.br

Após a instalação ter sido concluída, serão executados os testes de campo em data preestabelecida entre a CESAN e o fornecedor. Estes testes visam verificar o funcionamento de todos os equipamentos em condições reais. Estando os componentes montados, limpos e lubrificados, estes deverão ser acionados em todas as condições de operação, devendo operar satisfatoriamente, de acordo com as características próprias dos mesmos.

Deverá ainda ser feito teste de aderência e espessura do revestimento anticorrosivo e teste hidráulico com objetivo de verificação de vazamentos, ajuste do perfil hidráulico e dos equipamentos.

Se durante os testes qualquer unidade não atender aos requisitos especificados e propostos, o fabricante deverá fazer as alterações necessárias e os testes deverão ser repetidos, até que o equipamento tenha funcionamento satisfatório, sem qualquer custo adicional para a CESAN.

#### **11.1.6. Garantias e Responsabilidades**

São previstos dois tipos de garantia, a de desempenho e de funcionamento. Entende-se que o desempenho tem garantia pela vida do equipamento, desde que as condições de projeto sejam mantidas. A garantia de funcionamento será de no mínimo dez (10) anos, contados a partir da instalação, tanto para os tanques quanto para os revestimentos.

Caso alguma peça ou parte do conjunto seja fabricada ou montada por terceiros, o Fornecedor será responsável pelo seu funcionamento e/ou performance como se ele, Fornecedor, a tivesse fabricado.

O Fabricante deve se obrigar a dar assistência técnica que se fizer necessária, bem como, satisfazer plenamente as condições da proposta, a efetuar às suas exclusivas expensas as alterações, os reparos, as substituições, as reposições e os consertos de todo e qualquer material que apresentar anomalias, vícios ou defeitos decorrentes de matéria-prima empregada em sua produção e/ou decorrentes de erros de concepção de projeto e/ou de fabricação.

#### **11.1.7. Inspeções, Ensaios e Testes**

##### **Testes de Fábrica**

A CESAN se reserva o direito de vistoriar as instalações do fabricante, acompanhar a fabricação e testes de aprovação do equipamento. Antes que o equipamento seja carregado, o fabricante deverá executar na fábrica testes de funcionamento e de aceitação, com elaboração de relatórios correspondentes, os quais devem ser submetidos à aprovação da CESAN.

##### **Testes de Campo**





Após a instalação ter sido concluída, serão executados os testes de campo em data preestabelecida entre a CESAN e o fornecedor. Estes testes visam verificar o funcionamento de todos os equipamentos em condições reais. Estando os componentes montados, limpos e lubrificados, estes deverão ser acionados em todas as condições de operação, devendo operar satisfatoriamente, de acordo com as características próprias dos mesmos.

Deverá ainda ser feito teste de aderência e espessura do revestimento anticorrosivo e teste hidráulico com objetivo de verificação de vazamentos, ajuste do perfil hidráulico e dos equipamentos.

Se durante os testes qualquer unidade não atender aos requisitos especificados e propostos, o fabricante deverá fazer as alterações necessárias e os testes deverão ser repetidos, até que o equipamento tenha funcionamento satisfatório, sem qualquer custo adicional para a CESAN.

#### **11.1.8. Garantias e Responsabilidades**

São previstos dois tipos de garantia, a de desempenho e de funcionamento. Entende-se que o desempenho tem garantia pela vida do equipamento, desde que as condições de projeto sejam mantidas. A garantia de funcionamento será de no mínimo dez (10) anos, contados a partir da instalação, tanto para os tanques quanto para os revestimentos.

Caso alguma peça ou parte do conjunto seja fabricada ou montada por terceiros, o Fornecedor será responsável pelo seu funcionamento e/ou performance como se ele, Fornecedor, a tivesse fabricado.

O Fabricante deve se obrigar a dar assistência técnica que se fizer necessária, bem como, satisfazer plenamente as condições da proposta, a efetuar às suas exclusivas expensas as alterações, os reparos, as substituições, as reposições e os consertos de todo e qualquer material que apresentar anomalias, vícios ou defeitos decorrentes de matéria-prima empregada em sua produção e/ou decorrentes de erros de concepção de projeto e/ou de fabricação.

#### **11.2. VENTOSA PARA ESGOTO**

Objeto: Dados, características e exigências para fornecimento de ventosas automáticas de alto desempenho.

Características Técnicas:

- Fluído: esgoto;
- Temperatura: 20 a 25 °C;
- Tipo de Ventosa: Esgoto, câmara única tipo bujão, tríplice função;



**ENGESOLO ENGENHARIA LTDA.**

Rua Alcobaça, 1.210 - Bairro São Francisco - CEP: 31.255-210  
Belo Horizonte-MG - Tel.: (31) 2103-4300 - Fax.: (31) 2103-4399  
E-mail: engesolo@engesolo.com.br - www.engesolo.com.br

- Flutuador: Único, corpo, tampa e mancal e haste em aço AISI 304;
- Corpo e Tampa: Ferro Fundido;
- Parafusos e Porcas: Aço galvanizado;
- Dispositivo Anti-Slan: Aço inox ( velocidade máxima 0,1 m/s );
- Vedação: Junta tórica em Buna-N;
- Tampa com saída roscada para conexão de respiro externo com dreno e plug em aço inox no corpo;
- Revestimento Interno e Externo: Epóxi eletrostático, 250 micra mínimo;
- Tipo de Conexão: Flange ABNT, PN conforme indicação no projeto;
- DN: Conforme indicação no projeto.

### 11.3. REGISTRO DE GAVETA SEDE RESILIENTE COM FLANGES

Objeto: Dados, características e exigências para fornecimento de válvulas gaveta com cunha emborrachada (cunha elástica ) com flanges.

Características Técnicas:

- Fluido: esgoto;
- Temperatura: 20 a 25 °C;
- Tipo de Válvula: Gaveta com cunha emborrachada de passagem reta com flanges;
- Acionamento: Volante;
- Norma: ISO 7259 / ISO 5752 – Série 14 / ISO 5208;
- Pressão Nominal: 1,0 / 1,6 mPa;
- Diâmetro Nominal: Conforme lista de materiais;
- Montagem: Entre flanges com furação conforme ABNT NBR 7675 ( ISO 2531 ) PN 10;
- Corpo: Ferro fundido nodular com revestimento epóxi poliamida eletrostático com 150 micras, ou equivalente aprovado;
- Haste: Aço inox;
- Elastômero: EPDM ou NBR;
- Porca de Manobra: Bronze de alta resistência
- Vedação: Anéis de borracha tipo “o ring”, permitindo manutenção com a linha em carga e válvula aberta
- Teste Hidrostático: Conforme Norma ISO 5208



- Torques de Manobra e Resistência: Conforme tab. 9 Norma ISO 7259 ou tab.15 NBR 12430

#### 11.4. VÁLVULA DE RETENÇÃO COM PORTINHOLA PARA ESGOTO

Objeto: Dados e características para fornecimento de válvulas de retenção com portinhola única e corpo flangeado com tampa de inspeção.

Características do Fluido e da Válvula:

- Fluido: Esgoto bruto sanitário com sólidos e fibras
- Temperatura: 25 °C
- Tipo de válvula: Portinhola única de elastômero com reforço, de pequeno curso angular e vedação em altas e baixas pressões, corpo flangeado com tampa de inspeção
- Pressão Nominal: PN 10 k/cm<sup>2</sup>
- Montagem: entre flanges com furação conforme ABNT NBR 7675 PN 10 (ISO 2531)
- Corpo e Tampa: Ferro Fundido ou Aço Fundido
- Portinhola: Bruna N com reforço interno metálico e nylon
- Parafusos e Porcas Externas: Aço carbono galvanizado
- Teste Hidrostático: Conforme Norma ABNT ou ANSI
- Revestimento: Epóxi Pó 150 micra ou Poliamida 11 (rilsan)

#### 11.5. GRADE MANUAL

##### 11.5.1. Objetivo

Esta especificação estabelece os requisitos mínimos que deverão ser observados na fase de fabricação, fornecimento de materiais, montagem, inspeção e testes para o fornecimento de **Grades Manuais** e seus acessórios a serem instaladas na Estação de Tratamento de Esgotos Sanitários.

Esta especificação, juntamente com demais documentos a ela relacionados, estabelece os objetos e as condições técnicas gerais, sendo que qualquer equipamento, material ou serviço necessário ao desempenho do sistema, não especificado, deverá ser fornecido dentro das normas vigentes considerando o tipo e as condições de trabalho a que se destinam sem qualquer ônus adicional para a CESAN.

### 11.5.2. Normas

Conforme Especificação Técnica para Fornecimento e Montagem de Materiais e Equipamentos, onde aplicável.

### 11.5.3. Características Técnicas e Construtivas

#### Condições Locais

a) Temperatura do Ambiente

- Máxima: 40 °C;
- Mínima: 5 °C;
- Média Anual: 24 °C;

b) Tipo de Instalação

Conforme indicado nos desenhos do projeto. Em hipótese alguma, após a instalação, o fornecedor poderá alegar desconhecimento das condições de instalação, para justificar eventuais problemas operacionais.

#### Condições Construtivas

As grades deverão ser projetadas e fabricadas de modo a resistir aos efeitos corrosivos do líquido e dos eventuais produtos químicos incorporados ao mesmo, bem como sua a instalação, ao tempo. As características do fornecimento são:

- Quantidade: 2 unidades;
- Largura de cada Canal: conforme projeto;
- Altura de cada Canal: conforme projeto;
- Inclinação: 60° e;
- Espaçamento entre as barras: conforme projeto.

#### Condições de Operação

- Meio líquido a operar: Esgoto Bruto, não desarenado;
- Tipo de Instalação:
  - ✓ Parte Inferior: conforme projeto;
  - ✓ Parte Superior: conforme projeto e;
- Tipo de limpeza: Manual.

### 11.5.4. Materiais

Estrutura principal da grade: PRFV.



**ENGESOLO ENGENHARIA LTDA.**

Rua Alcobaça, 1.210 - Bairro São Francisco - CEP: 31.255-210  
Belo Horizonte-MG - Tel.: (31) 2103-4300 - Fax.: (31) 2103-4399  
E-mail: engesolo@engesolo.com.br - www.engesolo.com.br

#### **11.5.5. Preparação das Superfícies, Pintura e Proteção**

Conforme Especificação Técnica para Fornecimento e Montagem de Materiais e Equipamento, onde aplicável.

#### **11.5.6. Inspeções e Testes na Fábrica**

Serão feitas as seguintes inspeções:

- Verificação dimensional das grades e;
- Verificação das soldas e acabamentos.

### **11.6. CALHA PARSHALL**

#### **11.6.1. Objetivo**

Esta especificação estabelece os requisitos mínimos que deverão ser observados na fase de fabricação, fornecimento de materiais, montagem, inspeção e testes para o fornecimento de **Calhas Parshall** e seus acessórios a serem instalados na Estação de Tratamento de Esgotos Sanitários.

Esta especificação, juntamente com demais documentos a ela relacionados, estabelecem os objetos e as condições técnicas gerais, sendo que qualquer equipamento, material ou serviço necessário ao desempenho do sistema, não especificado, deverá ser fornecido dentro das normas vigentes considerando o tipo e as condições de trabalho a que se destinam sem qualquer ônus adicional para a CESAN.

#### **11.6.2. Generalidades**

Deverá ser fornecida duas (02) Calhas Parshall uma com garganta de 6" e a outra com garganta de 3", a serem instaladas conforme discriminado em projeto.

Esta calha deverá ser fabricada em resina de poliéster reforçada com fibra de vidro, projetados para resistir aos efeitos corrosivos do líquido e dos eventuais produtos químicos incorporados ao mesmo.

A Calha Parshall deverá ser instalada em canais de concreto de modo que esta estrutura proporcione revestimentos externos, formando uma estrutura única, de forma a aumentar a durabilidade e eficiência do equipamento.

### 11.6.3. Escopo de Fornecimento

O escopo de fornecimento consiste no projeto, fabricação e fornecimento de duas (02) Calhas Parshall com garganta de 6" e de 3" e acessórios, conforme especificado neste documento.

O fornecimento incluirá os seguintes itens principais:

- Calha Parshall conforme especificado, com os respectivos acessórios e demais materiais e serviços necessários ao seu funcionamento;
- Projetos, fabricação e testes de rotina;
- Ensaios de funcionamento após instalação;
- Reparos e correções necessárias durante a montagem;
- Ferramentas e dispositivos de montagem e manutenção, se aplicáveis;
- Todos os parafusos, porcas e arruelas para montagem, com folga suficiente para cobrir perdas e danos, se aplicáveis;
- Pintura completa e proteção;
- Ensaios e testes na fábrica;
- Manuais de instalação, operação e manutenção;
- Lista contendo as peças sobressalentes recomendadas para o equipamento fornecido para um período de 2 (dois) anos de manutenção, caso necessário.
- Embalagem e transporte até o local da obra e,
- Supervisão de montagem.

### 11.6.4. Normas

As calhas e acessórios, objeto desta especificação, deverão ser fabricados por fornecedores com experiência na fabricação de produtos iguais ou similares.

Poderão ser propostos materiais construtivos de qualidade comprovada igual ou superior ao material especificado.

As instruções da Especificação Técnica para Fornecimento e Montagem de Materiais e Equipamentos devem ser aplicada, onde cabível.

### 11.6.5. Características Técnicas e Construtivas

#### **Condições Locais**

- Ambiente agressivo



**ENGESOLO ENGENHARIA LTDA.**

Rua Alcobaça, 1.210 - Bairro São Francisco - CEP: 31.255-210  
Belo Horizonte-MG - Tel.: (31) 2103-4300 - Fax.: (31) 2103-4399  
E-mail: engesolo@engesolo.com.br - www.engesolo.com.br



a) Temperatura do Ambiente

- Máxima: 40 °C;
- Mínima: 5 °C;
- Média Anual: 24 °C.

b) Tipo de Instalação

Conforme indicado nos desenhos do projeto.

Em hipótese alguma, após a instalação, o fornecedor poderá alegar desconhecimento das condições de instalação, para justificar eventuais problemas operacionais.

**Materiais**

Compõem-se, não se limitando, aos seguintes itens principais:

- Calha Parshall em Resina de Poliéster reforçada com Fibra de Vidro.

**Características Construtivas**

A calha deverá ser projetada e fabricada de modo a resistir aos efeitos corrosivos do líquido e dos eventuais produtos químicos incorporados ao mesmo, bem como a sua instalação, ao tempo.

**11.6.6. Inspeções, Ensaios e Testes**

**Testes de Fábrica**

A CESAN se reserva o direito de vistoriar as instalações do fabricante, acompanhar a fabricação e testes de aprovação do equipamento. Antes que o equipamento seja carregado, o fabricante deverá executar na fábrica testes de funcionamento e de aceitação, com elaboração de relatórios correspondentes, os quais devem ser submetidos à aprovação da CESAN.

O fabricante deverá notificar a data de realização dos testes, com pelo menos 15 (quinze) dias de antecedência. Será de responsabilidade do fornecedor, arcar com o ônus do deslocamento do inspetor da CESAN para diligenciamento e testes em fábrica, incluindo passagens aéreas e terrestres, estada, pernoite, alimentação, etc.

**Testes de Campo**

Após a instalação ter sido concluída, serão executados os testes de campo em data preestabelecida pela CESAN e o fornecedor. Estes testes visam verificar o funcionamento de todos os equipamentos em condições reais. Estando os componentes montados, limpos e lubrificados, estes deverão ser acionados em todas as condições de operação, devendo operar satisfatoriamente, de acordo com as características próprias dos mesmos.



**ENGESOLO ENGENHARIA LTDA.**

Rua Alcobaça, 1.210 - Bairro São Francisco - CEP: 31.255-210  
Belo Horizonte-MG - Tel.: (31) 2103-4300 - Fax.: (31) 2103-4399  
E-mail: engesolo@engesolo.com.br - www.engesolo.com.br

Se durante os testes qualquer unidade não atender aos requisitos especificados e propostos, o fabricante deverá fazer as alterações necessárias e os testes deverão ser repetidos, até que o equipamento tenha funcionamento satisfatório, sem qualquer custo adicional para a CESAN. As instruções da Especificação Técnica para Fornecimento e Montagem de Materiais e Equipamentos podem ser aplicadas, onde cabível.

## 11.7. GUINDASTE GIRATÓRIO DE COLUNA

### 11.7.1. Objetivo

Esta especificação estabelece os requisitos mínimos que deverão ser observados na fase de fabricação, fornecimento de materiais, montagem, inspeção e testes para o fornecimento de **guindaste giratório de coluna**, seus equipamentos e acessórios, a serem instalados na Estação de Tratamento de Esgotos Sanitários de Marechal Floriano.

Esta especificação, juntamente com demais documentos a ela relacionados, estabelecem os objetos e as condições técnicas gerais, sendo que qualquer equipamento, material ou serviço necessário ao desempenho do sistema, não especificado, deverá ser fornecido dentro das normas vigentes considerando o tipo e as condições de trabalho a que se destinam sem qualquer ônus adicional para a CESAN.

### 11.7.2. Escopo de Fornecimento

Um (01) guindaste giratório de coluna, a ser implantado ao lado da elevatória de esgoto bruto para remoção dos conjuntos moto-bombas e remoção do galão e gordura proveniente do tratamento preliminar, com características conforme projeto.

### 11.7.3. Dados e Características do Equipamento

- Capacidade de trabalho: conforme projeto (verificar peso das bombas)
- Comprimento da lança: Conforme Projeto
- Giro: manual ou motorizado até 360°
- Mecanismo de elevação: talha elétrica de cabo de aço
- Elevação: Conforme Projeto

## 11.8. MONOVIAS E TALHAS

### 11.8.1. Objetivo

Esta especificação estabelece os requisitos mínimos que deverão ser observados na fase de fabricação, fornecimento de materiais, montagem, inspeção e testes para o fornecimento das **Monovias com talhas e troles**, seus equipamentos e acessórios, a serem instalados na Estação de Tratamento de Esgotos Sanitários do Complexo Penitenciário de Xuri.

Esta especificação, juntamente com demais documentos a ela relacionados, estabelecem os objetos e as condições técnicas gerais, sendo que qualquer equipamento, material ou serviço necessário ao desempenho do sistema, não especificado, deverá ser fornecido dentro das normas vigentes considerando o tipo e as condições de trabalho a que se destinam sem qualquer ônus adicional para a CESAN.

### 11.8.2. Generalidades

Deverão ser fornecidas uma (01) Monovias com talhas e troles a ser instalada na obra de implantação da ETE, conforme discriminado em projeto.

Esta monovia deverá ser projetada para resistir aos efeitos corrosivo do líquido e dos eventuais produtos químicos incorporados ao mesmo.

### 11.8.3. Escopo de Fornecimento

O escopo do fornecimento compreende:

- Uma (01) monovia com talha e trole para movimentação dos sopradores na casa de soprador;

O fornecimento inclui projetos, fabricação, ensaios, pinturas, embalagens, transporte, manuais de operação e manutenção, supervisão de montagem e garantia.

### 11.8.4. Normas

As monovias, talhas e seus acessórios, objetos desta especificação, deverão ser fabricados por fornecedores com experiência na fabricação de produtos iguais ou similares.

Poderão ser propostos materiais construtivos de qualidade comprovada igual ou superior ao material especificado.

As instruções da Especificação Técnica para Fornecimento e Montagem de Materiais e Equipamentos devem ser aplicadas, onde cabível.



### 11.8.5. Características Técnicas e Construtivas

As monovias serão montadas em áreas abrigadas com talha tipo de cabo de aço, de baixa elevação, para manuseio ou movimentação de equipamentos em manutenção, com tempo médio quando em operação de 02 a 04 horas por dia. Deverão ter placa de identificação em aço inoxidável com as principais características

### 11.8.6. Mecânicas

O conjunto mecânico composto de talha de cabo de aço, gancho e carro de translação deverão atender as seguintes especificações:

- A carcaça deverá ser composta por flanges e perfis de aço que unidos através de solda, deverão formar uma estrutura rígida;
- O carro de translação para talha de baixa altura deverá ser provido de caixa para contra-peso, possuir motofreio elétrico, redutor fechado e o engrenamento aberto que acopla o redutor à roda motora. A caixa para contra-peso deverá ser fornecida vazia e dever ser carregada conforme a necessidade durante a instalação para obter equilíbrio da talha;
- O redutor de velocidades deverá ser fabricado do em carcaça totalmente blindada, com engrenagens temperadas, cementadas, retificadas e lubrificadas em banho de óleo, sendo os eixos fixados em mancais de rolamento;
- O tambor do cabo deverá ser construído em tubo de aço conforme norma API (Especificação 5L- Gr. B), possuir mancais com rolamentos de esferas e ranhuras usinadas em seu diâmetro externo, para enrolamento de cabo de aço;
- A guia do cabo deverá ser construída em ferro nodular e usinado com ranhuras internas que se acomodam nas ranhuras do tambor;
- A guia do cabo deverá deslocar-se axialmente sobre o tambor, quando este entrar em movimento;
- O moitão deverá possuir gancho com trava de segurança e polias de redução montadas em mancais de rolamentos lubrificados com graxa;
- A monovia deverá ser fabricada a partir de perfil de aço abrangendo sistema de fixação em vigas de concreto e possuir dispositivo para o sistema de alimentação elétrica, ao longo de todo percurso (Feeston) e;
- Para cada movimento deverá ter batentes para acionamento elétrico e chaves fim de curso.

### 11.8.7. Elétricas

A tensão de alimentação dos motores dos movimentos, deverá ser multivoltagem (220V, 380V e 440V) 220 V, (  $\pm 10\%$ ) Vca, 60Hz, sistema trifásico solidamente aterrado, proveniente do quadro de distribuição de 460V. A alimentação da talha/carro será por meio de tomadas para força 440V-20A, com isolamento para 600V, montadas em caixas blindadas.

Os motores deverão ser do tipo de anéis, trifásicos, adequados para movimentação de cargas. O isolamento dos motores será classe F, impregnado com composto à prova de óleo e de umidade, com acabamento à prova de fungos, adequado para clima tropical.

Cada motor terá conjugado máximo compatível com as características dos equipamentos mecânicos da talha/carro e será dimensionado para regime de funcionamento de 50% e 04 partidas por hora. Os motores deverão ter potência e conjugados compatíveis com as necessidades da operação da talha/carro.

Os motores deverão ser equipados com resistências de aquecimento, para evitar condensação de umidade nas bobinas e nos enrolamentos dos motores, quando os mesmos estiverem fora de operação.

O sistema de elevação e translação do carro será por botoeira suspensa em cabo e deverá conter todos os botões necessários a movimentação. A botoeira a 1200 mm do piso operando ao longo do curso do carro (trole) deverá conter uma sinalização clara e precisa de cada movimento da talha/carro. A tensão de alimentação deverá ser 110 Vca.

Todos os dispositivos de controle e proteção de cada motor deverão ser instalados em quadro tipo armário fechado, blindado, de construção robusta, para instalação ao tempo, fixado em pilar. O quadro de comando da talha/carro deverá conter basicamente os seguintes componentes:

- Disjuntor geral, tripolar, tipo caixa moldada, comando manual dimensionado para as potências dos motores;
- Elementos térmicos, um por fase, devendo operar diretamente sobre o mecanismo de abertura do disjuntor, independente de tensão auxiliar de controle;
- Relé de proteção contra mínima tensão;
- Transformadores monofásicos, tipo seco, de capacidades adequadas, protegidos por fusíveis, primário e secundário;
- Disjuntores tripolares com comando manual destinados aos circuitos de cada motor;
- Proteção térmica de sobre carga;



**ENGESOLO ENGENHARIA LTDA.**

Rua Alcobaça, 1.210 - Bairro São Francisco - CEP: 31.255-210  
Belo Horizonte-MG - Tel.: (31) 2103-4300 - Fax.: (31) 2103-4399  
E-mail: engesolo@engesolo.com.br - www.engesolo.com.br

- Relés auxiliares e temporizados necessários para o bom desempenho do conjunto;
- Resistência de aquecimento do quadro, controlada por termostato e
- Régua de terminais.

As resistências rotóricas serão de aço inoxidável, de alto grau de dissipação calorífica, montadas em caixas ventiladas com proteção contra respingos.

As chaves fins-de-curso deverão ser previstas para as seguintes finalidades:

- Fins-de-curso superior e inferior do gancho de elevação para prevenir excesso de enrolamento e desenrolamento dos cabos no tambor, capazes de interromper o circuito de alimentação geral de força dos motores; a chave fim-de-curso inferior deverá ser ajustável para operar em qualquer posição do gancho, as chaves fins-de-curso deverão estar fechadas em caixas estanques à poeira/ umidade.

#### **11.8.8. Pintura e Proteção para Estruturas e Equipamentos**

##### **Preparação das Superfícies**

Todas as superfícies a serem pintadas deverão ser devidamente limpas, como indicado a seguir, de forma a ficarem isentas de crostas de laminação, sujeira, ferrugem, graxa e outras substâncias estranhas, objetivando-se obter uma superfície limpa e seca.

Todos os cantos vivos deverão ser eliminados com esmeril ou por outros meios, para melhorar a aderência da tinta.

Às superfícies de aço deverão ser jateadas com areia ou granalha de aço até o metal quase branco. À limpeza com jato de areia deverá ser igual ou superior à requerida pela "The Steel Structures Painting Council Surface Preparation Specification SSPC-SP-10 for N° 10 Near White Blast Cleaning".

##### **Pintura**

A pintura será executada de acordo com as recomendações da norma SSPC-PA-1 – Pintura na Fábrica, no Campo e de Manutenção do "The Steel Structures Painting Council" e/ou observância às recomendações do fabricante das tintas, conforme resumo abaixo:

##### **a) Pintura Básica**

Deverão ser aplicadas duas demãos de cromato de zinco à base de resinas alquídicas. A espessura final da película seca deverá ser de 80 micra.

##### **b) Pintura de Acabamento**





Deverão ser aplicadas duas demãos de esmalte sintético à base de resinas alquídicas.

A espessura final mínima da película seca para as quatro demãos (pintura básica + pintura de acabamento) deverá ser igual a 160 micra.

### **Quadro de Comando**

As superfícies do quadro de comando e proteção deverão receber o seguinte tratamento:

a) Preparação das Superfícies:

- Remoção de materiais estranhos mediante escova de aço;
- Remoção de óleos e graxa mediante o uso de solventes apropriados e
- Jateamento abrasivo conforme especificação nº 10 (SP10-63T) do SSPC ou Grau As-21/2 da norma sueca SIS-055900/1967.

b) Proteção das Superfícies e Acabamento:

A pintura, após jateamento, deverá ser feita com pó de poliéster, aplicado com pistola eletrostática de alta voltagem e polimerização em estufa, com espessura média seca de 100 micra, na cor cinza clara MUNSELL N.6,5.

Obs.: a pintura de pó de poliéster poderá ser substituída por pó de epóxi, com a mesma espessura acima e acabamento com esmalte de poliuretano alifático de alta espessura de 70 micra.

## **11.8.9. Inspeções, Ensaios e Testes**

### **Na Fábrica**

Os ensaios deverão ser realizados na fábrica do fornecedor na presença do inspetor credenciado da CESAN, de acordo com os critérios definidos e exigidos por normas. A data de realização dos ensaios deverá ser comunicada com 15 dias de antecedência.

### **Mecânica**

Não serão inspecionados componentes e acessórios de sub-fornecedores, cabendo esta responsabilidade ao fabricante do equipamento.

Serão verificados e inspecionados:

- Inspeção visual e dimensional dos componentes e conjunto;
- Ensaios de Raios-X nas soldas estruturais;
- Certificado da flecha medida das monovias;
- Placa de identificação e;



- Pintura.

#### **11.8.10. Montagem, Supervisão e Verificação de Funcionamento**

Conforme Especificação Técnica para Fornecimento e Montagem de Materiais e Equipamentos, onde aplicável.

#### **11.8.11. Garantias e Responsabilidades**

Conforme Especificação Técnica para Fornecimento e Montagem de Materiais e Equipamentos, onde aplicável.

#### **11.8.12. Documentos**

Conforme Especificação Técnica para Fornecimento e Montagem de Materiais e Equipamentos, onde aplicável.

### **11.9. CONJUNTO MOTO-BOMBA SUBMERSÍVEL PARA ESGOTO BRUTO**

#### **11.9.1. Introdução**

A presente especificação refere-se ao fornecimento de bomba submersível de esgoto bruto com elevado percentual de sólidos abrasivos, inclusive areia.

#### **11.9.2. Características Técnicas do Conjunto**

- Bomba para recalque de esgoto bruto com elevado percentual de sólidos abrasivos, inclusive areia.
- Carcaça da bomba em ferro fundido, com revestimento de espessura mínima de 0,5mm em toda parte hidráulica interna, para alcançar dureza mínima de 60 HRC.
- Impulsor da bomba em ferro fundido, tipo aberto, semi-aberto, canal único ou dois canais , com revestimento de espessura mínima de 0,5mm para alcançar dureza mínima de 60 HRC. O impulsor deve permitir a passagem de sólidos com diâmetro mínimo maior ou igual a 50% do diâmetro da descarga da bomba, sendo maior ou igual a 50mm.
- A frequência do motor deve ser de 60Hz.
- O fator de potência mínimo deve ser de 0,93.
- O fator de serviço do motor deve ser no mínimo de 1,1.
- O motor deve ser trifásico, com classe de isolamento no mínimo F.
- O selo mecânico deve ser em carbetto de tungstênio ou carbetto silício.



**ENGESOLO ENGENHARIA LTDA.**

Rua Alcobaça, 1.210 - Bairro São Francisco - CEP: 31.255-210  
Belo Horizonte-MG - Tel.: (31) 2103-4300 - Fax.: (31) 2103-4399  
E-mail: engesolo@engesolo.com.br - www.engesolo.com.br

A instalação do conjunto moto-bomba deve ser do tipo “semi-permanente”, com fornecimento de conexão de descarga (pedestal) de instalação para interligação à tubulação de recalque em DN100 mm, e o conjunto moto-bomba fornecido deverá se encaixar nessa tubulação. Caso seja necessária alguma adaptação, é de responsabilidade do fornecedor adaptador para a conexão de descarga sem ônus para a CESAN.

O motor deve ter potência máxima de 7,5 cv

- Número de polos: 04 ou mais
- Tensão do motor: 220 V
- Grau de proteção: IP 68
- Regime de serviço: S1

Os conjuntos moto-bombas com potência maior ou igual a 5 cv devem ter unidade eletrônica de monitoramento para proteção do equipamento, na qual serão ligados os sensores instalados na bomba.

Os conjuntos moto-bombas com potência maior ou igual a 5 cv devem ter sensor de temperatura para o estator.

Os conjuntos moto-bombas com potência maior ou igual a 10 cv devem ter sensor de umidade do estator.

Os conjuntos moto-bombas com potência maior ou igual a 10 cv devem ter sensor de umidade na câmara de óleo.

Os conjuntos moto-bombas com potência maior ou igual a 50 cv devem ter sensor de temperatura nos mancais.

### **11.9.3. Disposições Gerais:**

Todos os chumbadores, parafusos, arruelas e porcas, utilizados no conjunto moto-bomba, devem ser em aço inox.

No período de garantia, em caso de defeito no conjunto moto-bomba, o fornecedor se obriga a prestar atendimento técnico até 48 horas após o comunicado. O conjunto deve ser reparado no prazo máximo de 30 dias.

Os testes de bancada são obrigatórios para a contratada. A CESAN, caso necessário, fará o acompanhamento dos testes, com aviso antecipado de 10 dias, sem ônus para a contratada.



Para aquisição de conjunto moto-bomba, a especificação deve conter, no mínimo, vazão, altura manométrica, potência máxima, tensão do motor, comprimento do cabo elétrico.

Na especificação de compra de conjuntos moto-bomba, deve ser previsto a instalação de banco de capacitor, se necessário, para correção do fator de potência de no mínimo 0,93, com ônus para o fabricante.

No fornecimento de conjuntos moto-bomba é obrigatório acompanhamento das folhas de dados técnicos do motor, da bomba e das unidades eletrônicas de monitoramento e proteção.

Deve ser fornecido garantia total de todos os componentes do conjunto moto-bomba, de no mínimo dois anos, a custo zero de manutenção.

É obrigatório o acompanhamento do representante ou do fabricante na montagem e teste de partida do conjunto moto-bomba em campo, sem ônus para a CESAN.

É de responsabilidade do fornecedor, sem ônus para CESAN, o transporte do equipamento da fábrica até o almoxarifado da CESAN.

Todos os equipamentos devem ser acompanhados de manuais, catálogos e ficha técnica em português.

O fornecimento de peças de reposição deve ser garantido por um período mínimo de 10 anos.

No processo de aquisição preencher e entregar o formulário de Especificação do Conjunto Moto-Bomba, bem como os catálogos em português.

## 11.10. EQUIPAMENTOS DO LABORATÓRIO

### 11.10.1. Generalidades

A presente Especificação Técnica refere-se ao fornecimento de equipamentos para o laboratório para aferição de medidas em loco.

### 11.10.2. Escopo de Fornecimento

#### a) pHmetro

##### ***Circuito elétrico: digital microprocessado;***

- Indicação: digital através de display;
- Medição: ph, mv, temperatura e concentração;
- Faixa de ph: -2 a 19.000 ph;



- Resolução: 0,001 / 0,01 / 0,1;
- Faixa de concentração: 0,000 a 19900;
- Faixa de temperatura: -5,0 a 105,0 °C;
- Resolução de temperatura: 0,1 °C;
- Faixa de mv: +/- 1600,0;
- Resolução de mv: 0,1;
- Slope: 80 a 120 %;
- Conexões de entrada: BNC, PIN, TIP, ATC;
- Numero de canais: dois;
- Entradas: para 2 eletrodos ;
- Saída: RS232;
- Teclado: tipo bolha;
- Alimentação: 110vca;
- Calibração: automática de ate 5 padrões para ph e concentração;
- Grau de proteção: IP54;
- Temperatura ambiente: 10 a 45 °C;
- Umidade relativa: 5 a 80%;
- Armazenamento de dados: capacidade de no mínimo 15 medições;
- Garantia: mínimo de 1 ano;
- Acompanham todos os acessórios, cabos e conexões necessários à instalação e operação do equipamento.

b) Eletrodo combinado de pH – 01 unidade

- Faixa de trabalho: de 0 a 14.0;
- Temperatura: de 0 a 80 graus;
- Elemento de referência: Ag/AgCl;
- Material do corpo: vidro;
- Junção: cerâmica anular;
- Cabo: coaxial c/ 1 metro;
- Conexão: conector BNC;
- Diâmetro do corpo: 12 mm;



**ENGESOLO ENGENHARIA LTDA.**

Rua Alcobaça, 1.210 - Bairro São Francisco - CEP: 31.255-210  
Belo Horizonte-MG - Tel.: (31) 2103-4300 - Fax.: (31) 2103-4399  
E-mail: engesolo@engesolo.com.br - www.engesolo.com.br

- Tipo de cabeçote: 120 mm;
- Comprimento do corpo: epóxi.

Deve acompanhar: manual original em português cabo de energia, garantia de 1 ano, assistência técnica no Brasil.

#### **11.10.3. Sólidos Sedimentáveis**

##### **a) Cone Imhoff – 06 unidades**

- Acrílico Transparente;
- Graduado;
- Capacidade 1000 mL.

##### **b) Suporte para cone Imhoff – 02 unidades**

- Suporte para 3 Cones;
- Polipropileno.

#### **11.10.4. Oxigênio dissolvido**

##### **a) Oxímetro portátil – Orion – 01 unidade**

Aparelho para medição de oxigênio dissolvido, mínimo de 0,0 a 20 ppm.

- Micro processado, digital;
- Operação: com pilhas comuns ou bateria alcalina;
- Resolução mínima de 0,1 ppm;
- Ajuste em solução aquosa ou atmosférica;
- Considere pressão atmosférica ou altura barométrica;
- Sonda com cabo, comprimento mínimo 1,5 metros;
- Kit para manutenção da sonda, para no mínimo 1 ano;
- Manual de operação em português.

#### **11.10.5. Detector de H<sub>2</sub>S**

- Gás: Hidrogênio Sulfídrico (H<sub>2</sub>S)
- Range: 0 ~ 100 ppm
- Alarme: 10 ppm
- Tempo de Resposta do Sensor: 20 segundos



- Expectativa de Vida do Sensor: 3 anos
- Tipo de Sensor: Eletroquímico
- Alarme Sonoro: 95 dBA
- Som de alarme múltiplo. É possível diferenciar tons diferentes para diferentes níveis de alarme.
- Alarme Visual: piscam intermitentemente.
- Alarme Vibratório Interno
- Display para mostrar a concentração do gás.
- Símbolos gráficos para a bateria (com indicação proporcional ao tempo de operação restante),
- Display normal para concentração em tempo real.
- Chamada do display para leituras de pico e TWA.
- Range de temperatura de operação: -20°C a +55°C (-4°F a +131°F)
- Umidade de Operação: 0-99% RH
- Proteção do Invólucro: IP65/IP67 (à prova de poeira e entrada d'água/imersão de 15 cm a 1m em profundidade)
- Material da caixa: alta resistência polycarbonato
- Interface PC: Módulo de interface no carregador RS232. Disponível Conversor RS232/USB
- Garantia total contra defeitos de fabricação
- Manual de operação em português.

#### 11.11. LIMPEZA, PINTURA E PROTEÇÃO DAS SUPERFÍCIES

Salvo indicações contrárias em outras especificações, os serviços de limpeza, pintura e proteção das superfícies dos equipamentos e materiais deverão atender os requisitos aqui apresentados.

##### 11.11.1. Aspectos Gerais

As pinturas de qualquer parte dos equipamentos e todas as proteções a serem empregadas só serão aplicadas pela contratada após inspeção do equipamento pela CESAN.



A escolha do local e data para a aplicação da pintura deverá ser submetida à autorização da CESAN.

Todos os materiais ou superfícies que, pela sua natureza ou função, não devam sofrer a ação de abrasivos e/ou pintura, serão convenientemente protegidos, desde que sejam contíguos às superfícies sujeitas à ação desses agentes.

Os equipamentos serão protegidos contra a entrada de abrasivos ou pó nas partes delicadas. Os equipamentos removíveis serão desligados e removidos a fim de permitir a limpeza e pintura das superfícies contíguas.

As partes internas das vigas caixão, que tenham contato permanente com o ar, serão convenientemente protegidas contra corrosão.

A contratada deverá especificar que tipos de proteção darão a materiais não ferrosos de acordo com sua qualidade e utilização.

A padronização de cores para a pintura final de acabamento dos equipamentos e materiais será informada pela CESAN durante a fase de aprovação dos documentos técnicos do fornecimento.

#### **11.11.2. Preparação das Superfícies**

Todos os componentes ferrosos do equipamento deverão ser devidamente limpos de crostas de laminação, sujeira, ferrugem, graxas e outras substâncias estranhas, objetivando-se uma superfície limpa e seca.

Todos os cantos vivos que ficarão submersos deverão ser removidos com esmeril ou outros meios, para melhorar a aderência da tinta.

As superfícies de aço carbono deverão ser jateadas até metal quase branco.

#### **11.11.3. Aplicação da Pintura**

As superfícies pintadas não deverão apresentar falhas, poros, escorrimentos, pingos, rugosidades, ondulações, trincas, marcas de processo de limpeza, bolhas, bem como variações na cor, textura e brilho. A película deverá ser lisa e de espessura uniforme. Arestas, cantos, pequenos orifícios (trincas), emendas, juntas, soldas, rebites e outras irregularidades de superfície, receberão especial tratamento, de modo a garantir que elas adquiram uma espessura adequada de pintura.

A pintura será aplicada nas superfícies adequadamente preparadas e livres de umidade.



A pintura não deverá ser aplicada em superfícies aquecidas por exposição direta ao sol ou outras fontes de calor. Não deverá ser aplicada pintura nos ambientes onde a umidade relativa do ar seja superior a 85%, havendo necessidade, a umidade será mantida abaixo deste limite por meio de abrigos e/ou aquecimento durante a pintura e até que a película tenha secado.

A pintura deverá ser usada misturada, aplicada e curada de acordo com as mais recentes instruções impressas do fabricante da tinta. A preparação da superfície será também feita de acordo com tais instruções.

Após a preparação da superfície e limpeza, aplicar primer (zarcão: peças de “ferro” / galvit: peças galvanizadas, e epóxi: peças em aço e em geral conforme projeto); após aplicação do primer, aplicar pintura de acabamento com tintas de acabamento que deverão ser diluídas com solventes específicos (alquídicas – esmalte sintético: adequada para áreas administrativas / epóxi e poliuretano acrílico – PU: usadas nas áreas industriais, sendo o PU o mais adequado para superfícies expostas ao tempo, por ser mais resistentes aos raios solares).

Pinturas Especiais – Observar questão de tinta para água tratada. Colocar no projeto e na prescrição técnica do serviço.

Pintura IGOL2 – geralmente em fundações, baldrame e parte externa de EEEB, etc.

Pintura Igloflex Preto – Laje de coberturas de reservatórios, rufos, etc. Locais não aparente.

Pintura Igloflex Branco – Rufos e platibandas aparentes etc.

Sikatop Flex (grandes áreas, sujeitas a movimentações) – Em paredes de reservatórios, ETA, ETE.

Sikatop 107 (pequenas área, ou estruturas menores) – Em paredes de leitos de secagem, caixas de areia, caixas em geral, Biofiltro, EEEB interna (parede).

Sikagard62 – Em tetos de reservatórios e EEEB (locais sujeito a gases).

Pintura textura grossa – para trabalhos em paredes externas ou internas (isoladas). Serve como um bom revestimento.

Pintura textura fina – para trabalhos em paredes externas, reservatórios, ETA, ETE, etc. É aconselhável já vir pigmentada, na cor desejada.

Pintura Acrílica Piso – Pisos em geral internos nas área industrial ETA, ETE, passeios, etc. Usar nos muros em geral (bloco aparente), por ser mais resistente.

#### **11.11.4. Superfícies Pintadas**

Peças que tenham sido pintadas não deverão ser manuseadas ou trabalhadas até que a película esteja totalmente seca e dura. Antes da montagem final todas as peças pintadas deverão ser estocadas fora do contato direto com o solo, de tal maneira que seja evitada a formação de águas estagnadas.

#### **11.11.5. Especificações das Tintas**

A contratada entregará à CESAN, cópias das especificações do fabricante das tintas que serão empregadas. Nestas especificações constatará pelo menos o seguinte:

Tipo e características da tinta de base (“primer”) e da tinta de acabamento, quando for o caso, inclusive as composições em percentual de peso;

Tipo genérico;

Condições de limpeza exigidas das superfícies para a aplicação das tintas, para o serviço proposto;

Tempo de secagem de cada demão antes da aplicação da demão seguinte;

Tempo para aplicação de demão intermediária, antes que a demão inicial possa ser lixada para permitir aderência adequada da demão final;

Tempo total de cura antes da exposição a intempéries ou à imersão na água; Espessura mínima da película seca por demão e total;

#### **11.11.6. Tipo de aplicação**

##### **1. Estruturas Metálicas Submersas e Peças em Contato com Atmosfera Corrosiva**

As características da pintura são:

- Material: Coaltar Epoxi Polyamide (Dark Red),
- Número mínimo de demão: 2;
- Espessura final mínima: 400 micras;
- Tempo de secagem: 5 a 10 dias.

##### **2. Motores, Bombas, Redutores, Dutos, Tubulações, Conexões, Peças Especiais, Válvulas e Partes Similares**

Estes itens, normalmente fornecidos com acabamento de fábrica, deverão receber uma pintura de base e acabamento indicado pelo fabricante, adequado para serviço exposto à intempérie e

atmosfera corrosiva. A pintura será aprovada pela CESAN durante a apresentação do projeto. A cor da tinta de acabamento será definida na época da aquisição.

## 12. ANEXOS

1. ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9.648: 1982. Estudo de Concepção de Sistemas de Esgoto Sanitário. Nov. 1986;
2. ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9.649: 1982. Projeto de Redes Coletoras de Esgoto Sanitário. Nov. 1986;
3. ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12.207: 1992. Projeto de Interceptores de Esgoto Sanitário, Abr. 1992;
4. ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12.208: 1992. Projeto de Estações Elevatórias de Esgoto Sanitário. Abr. 1992;
5. ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12.209:2011. Projeto de Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário. Nov. 2011;
6. ARCEIVALA, S. J. Wastewater Treatment and Disposal. USA: Marcel Dekker, inc., 1981.
7. ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 12216: 2017 Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público Maio 2017;
8. ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 12217: 1994 Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público Jul 1994;
9. ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 12218: 1994 Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público Jul 1994;
10. BRASIL Resolução CONAMA Nº 357/2005 - Conselho Nacional do Meio Ambiente, "Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências", 17 Mar 2005;



11. BRASIL. Resolução CONAMA Nº 430/2011 - Conselho Nacional do Meio Ambiente, "Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução Nº 357, de 17 de março de 2005", 13 Maio 2011;
12. BRASIL. Resolução CONAMA Nº 397/2008 - Conselho Nacional do Meio Ambiente, "Altera o inciso II do § 4o e a Tabela X do § 5o, ambos do art. 34 da Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA Nº 357, de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.", 03 Abr. 2008;
13. BRASIL. Resolução CONAMA Nº 357/2005 - Conselho Nacional do Meio Ambiente, "Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.", 17 Mar. 2005;
14. METCALF & EDDY, Wastewater Engineering: Collection, Treatment, Disposal. USA: McGraw Hill, inc., 1972.
15. NETO, Cícero Onofre de Andrade; Relatório Final - Pesquisa referente à experiência brasileira relativa a sistemas de baixo custo para tratamento de águas residuárias; Volume 1; Julho 1994;
16. PESSOA, Constantino Arruda, JORDÃO, Eduardo Pacheco. Tratamento de Esgoto Doméstico - 6a Edição, Rio de Janeiro: Ed. ABES, 2009;
17. SILVA, Carlos Celso do Amaral e In. AZEVEDO NETO, José M. de; Sistemas de Esgotos Sanitários, 2a Edição - São Paulo: CETESB, 1987;
18. VON SPERLING, Marcos; Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos; Volume 1; Belo Horizonte - Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 3ª Edição: 1996.

19. VON SPERLING, Marcos; Princípios básicos do tratamento de esgotos; Volume 2; Belo Horizonte - Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 2009.
20. VON SPERLING, Marcos; Reatores anaeróbios; Volume 5; Belo Horizonte - Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 2007.
21. VON SPERLING, Marcos; ANDREOLI, Cleverson V. Lodos de esgotos: tratamento e disposição final; Volume 6; Belo Horizonte - Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 2007.
22. TSUTIYA, M.; ALÉM SOBRINHO, P. Coleta e transporte de esgoto sanitário. São Paulo: Escola Politécnica da USP. 1999.

### 13. ANEXOS

#### 13.1. VOLUME III – TOMO B – LISTA DE DESENHOS

| ITEM | Nº ENGESOLO                 | Nº CESAN               | TÍTULO                                                 |
|------|-----------------------------|------------------------|--------------------------------------------------------|
| 1    | SA_PR064_15_RE_23_072_001_A | C-050-000-90-5-MD-0001 | VOLUME III - PROJETO HIDRÁULICO                        |
| 2    | SA_PR064_15_DE_23_072_037_A | C-050-000-91-5-XX-0007 | PROJETO HIDRÁULICO - EEB1 - 01/04                      |
| 3    | SA_PR064_15_DE_23_072_038_A | C-050-000-91-5-XX-0008 | PROJETO HIDRÁULICO - EEB1 - 02/04                      |
| 4    | SA_PR064_15_DE_23_072_039_A | C-050-000-91-5-XX-0009 | PROJETO HIDRÁULICO - EEB1 - 03/04                      |
| 5    | SA_PR064_15_DE_23_072_040_A | C-050-000-91-5-XX-0010 | PROJETO HIDRÁULICO - EEB1 - 04/04                      |
| 6    | SA_PR064_15_DE_23_072_041_A | C-050-000-91-5-XX-0011 | PROJETO HIDRÁULICO - EEB2 - 01/04                      |
| 7    | SA_PR064_15_DE_23_072_042_A | C-050-000-91-5-XX-0012 | PROJETO HIDRÁULICO - EEB2 - 02/04                      |
| 8    | SA_PR064_15_DE_23_072_043_A | C-050-000-91-5-XX-0013 | PROJETO HIDRÁULICO - EEB2 - 03/04                      |
| 9    | SA_PR064_15_DE_23_072_044_A | C-050-000-91-5-XX-0014 | PROJETO HIDRÁULICO - EEB2 - 04/04                      |
| 10   | SA_PR064_15_DE_23_072_045_A | C-050-000-91-5-XX-0015 | PROJETO HIDRÁULICO - EEB3 - 01/04                      |
| 11   | SA_PR064_15_DE_23_072_046_A | C-050-000-91-5-XX-0016 | PROJETO HIDRÁULICO - EEB3 - 02/04                      |
| 12   | SA_PR064_15_DE_23_072_047_A | C-050-000-91-5-XX-0017 | PROJETO HIDRÁULICO - EEB3 - 03/04                      |
| 13   | SA_PR064_15_DE_23_072_048_A | C-050-000-91-5-XX-0018 | PROJETO HIDRÁULICO - EEB3 - 04/04                      |
| 14   | SA_PR064_15_DE_23_072_055_A | C-050-000-94-5-XX-0029 | PROJETO HIDRÁULICO - REDE COLETORA DE ESGOTO 1 - 01/01 |
| 15   | SA_PR064_15_DE_23_072_056_A | C-050-000-94-5-XX-0030 | PROJETO HIDRÁULICO - REDE COLETORA DE ESGOTO 2 - 01/01 |
| 16   | SA_PR064_15_DE_23_072_031_A | C-050-000-96-5-XX-0003 | PROJETO HIDRÁULICO - TRAVESSIA                         |
| 17   | SA_PR064_15_DE_23_072_032_A | C-050-000-96-5-XX-0004 | PROJETO HIDRÁULICO                                     |
| 18   | SA_PR064_15_DE_23_072_033_A | C-050-000-96-5-XX-0005 | PROJETO HIDRÁULICO                                     |
| 19   | SA_PR064_15_DE_23_072_034_A | C-050-000-96-5-XX-0006 | PROJETO HIDRÁULICO - CAIXA DE DESCARGA E VENTOSA       |
| 20   | SA_PR064_15_DE_23_072_035_A | C-050-000-96-5-XX-0007 | PROJETO HIDRÁULICO - DETALHES                          |
| 21   | SA_PR064_15_DE_23_072_049_A | C-050-000-96-5-XX-0008 | PROJETO HIDRÁULICO - LR1 - 01/02                       |
| 22   | SA_PR064_15_DE_23_072_050_A | C-050-000-96-5-XX-0009 | PROJETO HIDRÁULICO - LR1 - 02/02                       |
| 23   | SA_PR064_15_DE_23_072_051_A | C-050-000-96-5-XX-0010 | PROJETO HIDRÁULICO - LR2 - 01/02                       |
| 24   | SA_PR064_15_DE_23_072_052_A | C-050-000-96-5-XX-0011 | PROJETO HIDRÁULICO - LR2 - 02/02                       |
| 25   | SA_PR064_15_DE_23_072_053_A | C-050-000-96-5-XX-0012 | PROJETO HIDRÁULICO - LR3 - 01/02                       |
| 26   | SA_PR064_15_DE_23_072_054_A | C-050-000-96-5-XX-0013 | PROJETO HIDRÁULICO - LR3 - 02/02                       |

| ITEM | Nº ENGESOLO                 | Nº CESAN               | TÍTULO                                                    |
|------|-----------------------------|------------------------|-----------------------------------------------------------|
| 27   | SA_PR064_15_DE_23_072_001_A | C-050-000-92-5-XX-0003 | PROJETO HIDRÁULICO - URBANIZAÇÃO 01/01                    |
| 28   | SA_PR064_15_DE_23_072_002_A | C-050-000-92-5-XX-0004 | PROJETO HIDRÁULICO - IMPLANTAÇÃO 01/01                    |
| 29   | SA_PR064_15_DE_23_072_003_A | C-050-000-92-5-XX-0005 | PROJETO HIDRÁULICO - DRENAGEM 01/02                       |
| 30   | SA_PR064_15_DE_23_072_004_A | C-050-000-92-5-XX-0006 | PROJETO HIDRÁULICO - DRENAGEM 02/02                       |
| 31   | SA_PR064_15_DE_23_072_005_A | C-050-000-92-5-XX-0007 | PROJETO HIDRÁULICO - TERRAPLENAGEM 01/01                  |
| 32   | SA_PR064_15_DE_23_072_006_A | C-050-000-92-5-XX-0008 | PROJETO HIDRÁULICO - PERFIL HIDRÁULICO 01/01              |
| 33   | SA_PR064_15_DE_23_072_007_A | C-050-000-92-5-XX-0009 | PROJETO HIDRÁULICO - FLUXOGRAMA 01/01                     |
| 34   | SA_PR064_15_DE_23_072_008_A | C-050-000-92-5-XX-0010 | PROJETO HIDRÁULICO - TUBULAÇÕES EXTERNAS 01/01            |
| 35   | SA_PR064_15_DE_23_072_009_A | C-050-000-92-5-XX-0011 | PROJETO HIDRÁULICO - TRATAMENTO PRIMÁRIO 01/04            |
| 36   | SA_PR064_15_DE_23_072_010_A | C-050-000-92-5-XX-0012 | PROJETO HIDRÁULICO - TRATAMENTO PRIMÁRIO 02/04            |
| 37   | SA_PR064_15_DE_23_072_011_A | C-050-000-92-5-XX-0013 | PROJETO HIDRÁULICO - TRATAMENTO PRIMÁRIO 03/04            |
| 38   | SA_PR064_15_DE_23_072_012_A | C-050-000-92-5-XX-0014 | PROJETO HIDRÁULICO - TRATAMENTO PRIMÁRIO 04/04            |
| 39   | SA_PR064_15_DE_23_072_013_A | C-050-000-92-5-XX-0015 | PROJETO HIDRÁULICO - CAIXA DE GORDURA 01/02               |
| 40   | SA_PR064_15_DE_23_072_014_A | C-050-000-92-5-XX-0016 | PROJETO HIDRÁULICO - CAIXA DE GORDURA 02/02               |
| 41   | SA_PR064_15_DE_23_072_015_A | C-050-000-92-5-XX-0017 | PROJETO HIDRÁULICO - EEB/RECIRCULAÇÃO E BIOFILTRO 01/03   |
| 42   | SA_PR064_15_DE_23_072_016_A | C-050-000-92-5-XX-0018 | PROJETO HIDRÁULICO - EEB/RECIRCULAÇÃO E BIOFILTRO 02/03   |
| 43   | SA_PR064_15_DE_23_072_017_A | C-050-000-92-5-XX-0019 | PROJETO HIDRÁULICO - EEB/RECIRCULAÇÃO E BIOFILTRO 03/03   |
| 44   | SA_PR064_15_DE_23_072_018_A | C-050-000-92-5-XX-0020 | PROJETO HIDRÁULICO - RECALQUE DA EEB/RECIRCULAÇÃO 01/01   |
| 45   | SA_PR064_15_DE_23_072_019_A | C-050-000-92-5-XX-0021 | PROJETO HIDRÁULICO - CAIXA DIVISORA DE VAZÃO 3 - 01/02    |
| 46   | SA_PR064_15_DE_23_072_020_A | C-050-000-92-5-XX-0022 | PROJETO HIDRÁULICO - CAIXA DIVISORA DE VAZÃO 3 - 02/02    |
| 47   | SA_PR064_15_DE_23_072_021_A | C-050-000-92-5-XX-0023 | PROJETO HIDRÁULICO - ELEVATÓRIA DO EFLUENTE TRATADO 01/03 |
| 48   | SA_PR064_15_DE_23_072_022_A | C-050-000-92-5-XX-0024 | PROJETO HIDRÁULICO - ELEVATÓRIA DO EFLUENTE TRATADO 02/03 |
| 49   | SA_PR064_15_DE_23_072_023_A | C-050-000-92-5-XX-0025 | PROJETO HIDRÁULICO - ELEVATÓRIA DO EFLUENTE TRATADO 03/03 |
| 50   | SA_PR064_15_DE_23_072_024_A | C-050-000-92-5-XX-0026 | PROJETO HIDRÁULICO - LEITO DE SECAGEM 01/03               |
| 51   | SA_PR064_15_DE_23_072_025_A | C-050-000-92-5-XX-0027 | PROJETO HIDRÁULICO - LEITO DE SECAGEM 02/03               |
| 52   | SA_PR064_15_DE_23_072_026_A | C-050-000-92-5-XX-0028 | PROJETO HIDRÁULICO - LEITO DE SECAGEM 03/03               |
| 53   | SA_PR064_15_DE_23_072_027_A | C-050-000-92-5-XX-0029 | PROJETO HIDRÁULICO - CASA DO SOPRADOR 01/01               |
| 54   | SA_PR064_15_DE_23_072_028_A | C-050-000-92-5-XX-0030 | PROJETO HIDRÁULICO - TANQUE DE CONTATO 01/01              |

| ITEM | Nº ENGESOLO                 | Nº CESAN               | TÍTULO                                                        |
|------|-----------------------------|------------------------|---------------------------------------------------------------|
| 55   | SA_PR064_15_DE_23_072_029_A | C-050-000-92-5-XX-0031 | PROJETO HIDRÁULICO - SALA DE CLORAÇÃO E ARMAZ. DE HIPOCLORITO |
| 56   | SA_PR064_15_DE_23_072_030_A | C-050-000-92-5-XX-0032 | PROJETO HIDRÁULICO - DETALHES GERAIS 01/01                    |
| 57   | SA_PR064_15_DE_23_072_057_A | C-050-000-92-5-XX-0033 | PROJETO HIDRÁULICO - SALA DE CLORAÇÃO E ARMAZ. DE HIPOCLORITO |
| 58   | SA_PR064_15_DE_23_072_058_A | C-050-000-90-5-XX-0001 | PROJETO HIDRÁULICO - PLANTA GERAL                             |
| 59   | SA_PR064_15_DE_23_072_061_A | C-050-000-92-5-XX-0034 | PROJETO HIDRÁULICO - ELEVATÓRIA DE REÚSO 01/01                |
| 60   | SA_PR064_15_DE_23_072_062_A | C-050-000-92-5-XX-0035 | PROJETO HIDRÁULICO - TANQUE DE REÚSO 01/02                    |
| 61   | SA_PR064_15_DE_23_072_063_A | C-050-000-92-5-XX-0036 | PROJETO HIDRÁULICO - TANQUE DE REÚSO 02/02                    |
| 62   | SA_PR064_15_DE_23_072_064_A | C-050-000-92-5-XX-0037 | PROJETO HIDRÁULICO - REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA DE REÚSO    |
| 63   | SA_PR064_15_DE_23_072_065_A | C-050-000-92-5-XX-0038 | PROJETO HIDRÁULICO - REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA DE REÚSO    |
| 64   | SA_PR064_15_DE_23_072_066_A | C-050-000-92-5-XX-0039 | PROJETO HIDRÁULICO - SISTEMA UNIDADE PRISIONAL III            |
| 65   | SA_PR064_15_DE_23_072_067_A | C-050-000-92-5-XX-0040 | PROJETO HIDRÁULICO - SISTEMA UNIDADE PRISIONAL IV             |
| 66   | SA_PR064_15_DE_23_072_068_A | C-050-000-92-5-XX-0041 | PROJETO HIDRÁULICO - SISTEMA UNIDADE PRISIONAL NOVA 1/2       |
| 67   | SA_PR064_15_DE_23_072_069_A | C-050-000-92-5-XX-0042 | PROJETO HIDRÁULICO - SISTEMA UNIDADE PRISIONAL NOVA 2/2       |

## 13.2. PLANILHAS REDE COLETORA SES XURI

| PLANILHAS DA REDE COLETORA REDE COLETORA BACIA 1 – PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO |         |          |       |         |        |         |        |           |          |      |        |            |           |           |         |         |         |         |     |         |
|--------------------------------------------------------------------------------|---------|----------|-------|---------|--------|---------|--------|-----------|----------|------|--------|------------|-----------|-----------|---------|---------|---------|---------|-----|---------|
| Coletor                                                                        | PV_mont | PV_jus   | Comp  | CT_mont | CT_jus | CC_mont | CC_jus | Prof_mont | Prof_jus | Diam | Decliv | Vazão Conc | Vazao_ini | Vazao_fim | Vel_ini | Vel_fim | Vel_cri | Trativa | OBS | Materia |
|                                                                                | PV-1A   | PV-2A    | 20,00 | 38,339  | 38,889 | 37,289  | 37,219 | 1,050     | 1,670    | 150  | 0,0035 |            | 0,930     | 0,930     | 0,46    | 0,46    | 2,74    | 0,75    |     | PVC     |
|                                                                                | PV-2A   | PV-3A    | 52,39 | 38,889  | 36,329 | 37,219  | 34,659 | 1,670     | 1,670    | 150  | 0,0489 |            | 0,930     | 0,930     | 1,19    | 1,19    | 2,03    | 5,71    |     | PVC     |
|                                                                                | PV-3A   | PV-4A    | 23,83 | 36,329  | 35,054 | 34,659  | 33,384 | 1,670     | 1,670    | 150  | 0,0535 |            | 0,930     | 0,930     | 1,23    | 1,23    | 2,01    | 6,12    |     | PVC     |
|                                                                                | PV-4A   | PV-5A    | 22,25 | 35,054  | 34,363 | 33,384  | 32,693 | 1,670     | 1,670    | 150  | 0,0311 |            | 0,930     | 0,930     | 1,01    | 1,01    | 2,14    | 4,03    |     | PVC     |
|                                                                                | PV-5A   | PV-6A    | 22,52 | 34,363  | 33,967 | 32,693  | 32,297 | 1,670     | 1,670    | 150  | 0,0176 |            | 0,930     | 0,930     | 0,82    | 0,82    | 2,29    | 2,60    |     | PVC     |
|                                                                                | PV-6A   | PV-7A    | 26,47 | 33,967  | 34,040 | 32,297  | 32,191 | 1,670     | 1,850    | 150  | 0,0040 |            | 0,930     | 0,930     | 0,48    | 0,48    | 2,70    | 0,83    |     | PVC     |
|                                                                                | PV-7A   | PV-8A    | 43,95 | 34,040  | 33,482 | 32,191  | 31,664 | 1,850     | 1,820    | 200  | 0,0120 | 10,76      | 11,690    | 11,690    | 1,23    | 1,23    | 3,66    | 4,55    |     | PVC     |
|                                                                                | PV-8A   | PV-9A    | 53,79 | 33,482  | 34,906 | 31,664  | 31,502 | 1,820     | 3,404    | 200  | 0,0030 |            | 11,690    | 11,690    | 0,75    | 0,75    | 4,20    | 1,50    |     | PVC     |
|                                                                                | PV-9A   | PV-10A   | 10,00 | 34,906  | 34,906 | 31,502  | 31,472 | 3,404     | 3,434    | 200  | 0,0030 |            | 11,690    | 11,690    | 0,75    | 0,75    | 4,20    | 1,50    |     | PVC     |
|                                                                                | PV-10A  | PV-ELEV2 | 7,00  | 34,906  | 35,500 | 31,472  | 31,413 | 3,434     | 4,087    | 200  | 0,0084 |            | 16,370    | 16,370    | 1,19    | 1,19    | 4,06    | 3,94    |     | PVC     |
|                                                                                | PV-EX   | PV-11A   | 23,93 | 37,755  | 35,527 | 36,207  | 33,979 | 1,550     | 1,550    | 150  | 0,0931 |            | 4,680     | 4,680     | 2,05    | 2,05    | 2,45    | 15,83   |     | PVC     |
|                                                                                | PV-11A  | PV-10A   | 36,76 | 35,527  | 34,906 | 33,979  | 33,358 | 1,550     | 1,550    | 150  | 0,0169 |            | 4,680     | 4,680     | 1,11    | 1,11    | 2,96    | 4,20    |     | PVC     |

| PLANILHAS DA REDE COLETORA REDE COLETORA BACIA 2 – PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO |         |        |       |         |        |         |        |           |          |      |        |            |           |           |         |         |         |         |     |          |
|--------------------------------------------------------------------------------|---------|--------|-------|---------|--------|---------|--------|-----------|----------|------|--------|------------|-----------|-----------|---------|---------|---------|---------|-----|----------|
| Coletor                                                                        | PV_mont | PV_jus | Comp  | CT_mont | CT_jus | CC_mont | CC_jus | Prof_mont | Prof_jus | Diam | Decliv | Vazão Conc | Vazao_ini | Vazao_fim | Vel_ini | Vel_fim | Vel_cri | Trativa | OBS | Material |
|                                                                                | PV-1B   | PV-2B  | 40,40 | 44,631  | 37,912 | 43,581  | 38,062 | 1,05      | -0,15    | 200  | 0,1366 | 16,37      | 20,140    | 20,140    | 3,46    | 3,46    | 3,17    | 38,77   |     | FERRO    |
|                                                                                | PV-2B   | PV-3B  | 28,80 | 37,912  | 38,700 | 38,062  | 37,630 | -0,15     | 1,07     | 200  | 0,0150 |            | 20,140    | 20,140    | 1,55    | 1,55    | 4,00    | 6,79    |     | PVC      |
|                                                                                | PV-3B   | ELV3   | 6,54  | 38,700  | 40,600 | 37,630  | 37,604 | 1,07      | -        | 300  | 0,0040 |            | 34,900    | 34,900    | 1,09    | 1,09    | 5,02    | 2,85    |     | PVC      |
|                                                                                | PVEX    | PV-4B  | 49,53 | 39,530  | 39,773 | 38,711  | 38,513 | 0,82      | 1,26     | 200  | 0,0040 | 4,97       | 9,510     | 9,510     | 0,78    | 0,78    | 3,93    | 1,75    |     | PVC      |
|                                                                                | PV-4B   | PV-5B  | 41,13 | 39,773  | 38,895 | 38,513  | 37,896 | 1,26      | 1,00     | 200  | 0,0150 |            | 9,510     | 9,510     | 1,26    | 1,26    | 3,42    | 4,97    |     | PVC      |
|                                                                                | PV-5B   | PV-3B  | 35,77 | 38,895  | 38,700 | 37,896  | 37,701 | 1,00      | 1,07     | 200  | 0,0054 | 5,25       | 14,760    | 14,760    | 0,99    | 0,99    | 4,15    | 2,65    |     | PVC      |