



SÃO LOURENÇO
SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO

SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS
VOLUME I: PROJETO BÁSICO
TOMO I: Memória Descritiva e Justificativa / Memória de Cálculo

Outubro/2015



SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO



SÃO LOURENÇO - MG SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

CONTRATO: XXXXX

RESUMO:

Este documento apresenta adequação do Projeto Básico da Estação de Tratamento de Esgotos da cidade de São Lourenço/MG.

0	Out/2015	C	ORIGINAL	José Alfredo	José Alfredo	Gizelda	
REV.	DATA	TIPO	DESCRIÇÃO	POR	VERIFICADO	AUTORIZADO	APROVADO

EMISSIONES

TIPOS	A – PARA APROVAÇÃO B – REVISÃO	C – ORIGINAL D – CÓPIA
-------	-----------------------------------	---------------------------

PROJETISTA:

OLIVEIRA E MARQUES ENGENHARIA

AV. PRUDENTE DE MORAIS 621, SL. 501/502 – TEL/FAX (31) 3309-8367
SANTO ANTÔNIO – CEP 30.380-000 – BELO HORIZONTE–MG
e-mail: contato@oemengenharia.com.br



EQUIPE TÉCNICA:

Gizelda de Melo Machado
José Alfredo Carneiro dos Santos
Leonardo Machado Marques de Souza
Luís Eduardo Machado Barini

VOLUME:

VOLUME I: PROJETO BÁSICO

TOMO I: Memorial Descritivo e Justificativo / Memória de Cálculo

REFERÊNCIA:

Outubro/2015

SUMÁRIO

O Projeto Básico e Executivo do Sistema de Esgotamento Sanitário de São Lourenço/MG é composto pelos seguintes volumes:

VOLUME I – PROJETO BÁSICO

TOMO I – MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA E MEMÓRIAS DE CÁLCULO

TOMO II – DESENHOS DE 01/58 A 17/58

TOMO III – DESENHOS DE 18/58 A 39/58

TOMO IV – DESENHOS DE 40/58 A 58/58 e 01/02 a 02/02

VOLUME II – ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DE OBRA, MATERIAIS E ESQUIPAMENTOS

TOMO I – ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DE OBRA

TOMO II – ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DE MATERIAIS E ESQUIPAMENTOS

VOLUME III – ORÇAMENTO

TOMO I – ORÇAMENTO / PLANILHAS

TOMO II – MEMÓRIA DE CÁLCULO DE QUANTITATIVOS

TOMO III – COLETA DE PREÇOS

ÍNDICE

1	APRESENTAÇÃO	6
2	ELEMENTOS PARA O PROJETO	7
2.1	TOPOGRAFIA.....	7
2.2	PARÂMETROS E VAZÕES DE PROJETO	7
2.2.1	Vazões sem infiltração	7
2.2.2	Vazão de infiltração	7
2.2.3	Vazões com infiltração	7
3	TRATAMENTO PRELIMINAR	8
3.1	EQUIPAMENTOS PESQUISADOS.....	9
3.2	GRADE DE LIMPEZA MANUAL	24
3.2.1	Canal de Aproximação do sistema de gradeamento	24
3.2.2	Velocidade do Escoamento na Grade	30
3.2.3	Cálculo das Perdas de Carga na grade	30
3.3	MEDIDOR PARSHALL	31
4	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA FINAL - EFI.....	33
4.1	CARACTERÍSTICAS DA IMPLANTAÇÃO	33
4.1.1	Vazões de Contribuição	33
4.1.2	Vazão de Recalque	33
4.1.3	Dimensionamento do Poço de Sucção	33
4.1.4	Determinação das Curvas do Sistema	34
4.1.5	Conjunto Motobomba	37
4.1.6	Ponto Operacional.....	44
4.1.7	Verificação dos Tempos de Ciclo das bombas.....	45
4.1.8	Verificação do Tempo de Detenção	46
4.1.9	Verificação das Velocidades na Linha de Recalque.....	46
4.1.10	Verificação dos Transientes Hidráulicos	47
4.1.11	Blocos de Ancoragem	54
5	REATORES ANAERÓBIOS	55
5.1	VERIFICAÇÃO DOS TEMPOS DE DETENÇÃO HIDRÁULICA.....	56
5.2	VERIFICAÇÃO DAS CARGAS HIDRÁULICAS VOLUMÉTRICAS	56
5.3	VERIFICAÇÃO DAS CARGAS ORGÂNICAS VOLUMÉTRICAS	57
5.4	VERIFICAÇÃO DAS VELOCIDADES ASCENSIONAIS NOS REATORES	57
5.5	SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DO ESGOTO AFLUENTE AOS REATORES	58
5.6	DIMENSIONAMENTO DO COMPARTIMENTO DE DECANTAÇÃO.....	59
5.6.1	Cálculo da área de decantação	59
5.6.2	Verificação da taxa de escoamento superficial	59
5.6.3	Cálculo do volume do compartimento de decantação	60
5.6.4	Verificação dos tempos de detenção hidráulica	60
5.6.5	Dimensionamento das aberturas para a câmara de decantação	60
5.7	ESTIMATIVA DA EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DAS CARGAS APLICADAS.....	60
5.8	INTERLIGAÇÕES DAS CAIXAS DIVISORAS DE VAZÃO	61
5.8.1	Interligação da CDV-1 com a CDV-2.....	61
5.8.2	Interligação da CDV-2 com a CDV-3.....	61

5.8.3	Interligação da CDV-3 com a DST	62
5.8.4	Elevação do nível da água na DST	62
5.9	PRODUÇÃO DE BIOGÁS	63
5.9.1	Avaliação da produção de metano:	63
5.9.2	Correção da temperatura operacional do reator:	63
5.9.3	Produção volumétrica de biogás	64
6	SISTEMA DE DESIDRATAÇÃO	65
6.1	PRODUÇÃO DE LODO BIOLÓGICO	65
6.1.1	Produção de lodo do tratamento primário	65
6.1.2	Produção de lodo do tratamento secundário	65
6.1.3	Volume de lodo desidratado	66
6.2	TANQUES PULMÃO DE LODO – TPL	67
6.3	EQUIPAMENTO DE DESIDRATAÇÃO	70
6.4	NECESSIDADE DE POLIELETROLITO	70
6.5	PRODUÇÃO DE LODO DESIDRATADO	71
7	INTERLIGAÇÃO DAS UNIDADES	72
7.1	LINHA DE TRANSPORTE DE LODO PARA DESIDRATAÇÃO	72
7.2	INTERLIGAÇÃO DO UASB COM A CDV-4	74
7.3	INTERLIGAÇÃO DA CDV-4 COM O FBP	75
7.4	INTERLIGAÇÃO DA FBP COM O DES	76

1 APRESENTAÇÃO

Apresenta-se a seguir a **Adequação do PROJETO BÁSICO/HIDRÁULICO da Estação de Tratamento de Esgoto – ETE de São Lourenço/MG**, elaborada pela **OeM – Oliveira e Marques Engenharia Ltda.**, conforme contrato de prestação de serviços firmado com o Serviço Autônomo de Água e Esgoto (**SAAE**) do município e Edital nº 238/2015, Convite nº 001/2015.

O projeto básico da ETE de São Lourenço foi elaborado pela ESCOAR Engenharia, para o Serviço Autônomo de Água e Esgoto –SAAE, no ano de 2011. O projeto necessita de adequações para tender às exigências e recomendações da FUNASA, o que constitui o escopo deste projeto, compreendendo os seguintes serviços:

- Projeto de contenção em gabião na margem do Rio Verde, inclusive adequação do projeto de terraplanagem;
- Elaboração de novo projeto para a estação elevatória final e para tratamento preliminar (mecanizado), evitando-se o segundo bombeamento, incluindo nova locação para o tratamento preliminar que será elevado;
- Adequação geral do projeto dos reatores anaeróbios, aproveitando-se a estrutura de concreto, porém adequando a laje de cobertura no projeto estrutural. Inclusão de todos os detalhes construtivos, principalmente do sistema de jateamento de água para quebra da espuma; nova distribuição interna para os tubos distribuidores; adequação da retirada de lodo; amostragem; substituição de tampas e suportes por materiais resistentes à corrosão; e, preparação dos mesmos para futura inserção de tratamento de odor;
- Elaboração de novo projeto para a desidratação mecanizada;
- Adequação dos layouts de interligação, urbanização, esgotamento, água de serviço, fluxograma e perfil hidráulico;
- Elaboração do Memorial descritivo;
- Elaboração do orçamento completo das obras no modo SINAPI;
- Elaboração das Especificações Técnicas e de Obras.

2 ELEMENTOS PARA O PROJETO

2.1 TOPOGRAFIA

Os dimensionamentos e detalhamentos elaborados pela Oem tiveram como base o Levantamento Topográfico disponibilizado pelo SAAE de São Lourenço.

2.2 PARÂMETROS E VAZÕES DE PROJETO

O dimensionamento das unidades projetadas considerou as vazões estabelecidas no Relatório Técnico elaborado pela Escoar Engenharia, em outubro de 2011, conforme apresentado a seguir.

2.2.1 Vazões sem infiltração

Vazão média (Q_M)

$$Q_M = \frac{P \times q \times c}{86.400} = \frac{67.906 \times 180 \times 0,8}{86.400} = 113,18 \text{ L/s}$$

Vazão mínima (Q_m)

$$Q_m = K_3 \times Q_M = 0,50 \times 113,18 = 56,59 \text{ L/s}$$

Vazão máxima diária (Q_{MD})

$$Q_{MD} = K_1 \times Q_M = 1,20 \times 113,18 = 135,82 \text{ L/s}$$

Vazão máxima horária (Q_{MH})

$$Q_{MH} = K_1 \times K_2 \times Q_M = 1,20 \times 1,50 \times 113,18 = 203,72 \text{ L/s}$$

2.2.2 Vazão de infiltração

$$Q_{inf} = L \times i = 125.684 \times 0,00033 = 41,48 \text{ L/s}$$

2.2.3 Vazões com infiltração

Vazão mínima ($Q_{mín}$)

$$Q_{mín} = Q_m + Q_{inf} = 56,59 + 41,48 = 98,07 \text{ L/s}$$

Vazão média ($Q_{méd}$)

$$Q_{méd} = Q_M + Q_{inf} = 113,18 + 41,48 = 154,66 \text{ L/s}$$

Vazão máxima diária ($Q_{máx-d}$)

$$Q_{máx-d} = Q_{MD} + Q_{inf} = 135,82 + 41,48 = 177,30 \text{ L/s}$$

Vazão máxima horária ($Q_{máx-h}$)

$$Q_{máx-h} = Q_{MH} + Q_{inf} = 203,72 + 41,48 = 245,20 \text{ L/s}$$

3 TRATAMENTO PRELIMINAR

O tratamento preliminar será constituído de gradeamento para sólidos grosseiros e de um equipamento com as funções de peneiragem, desarenamento e remoção de óleos e gorduras.

O efluente é recepcionado em uma caixa com sistema de gradeamento onde serão removidos os sólidos grosseiros e em seguida encaminhado para a unidade de peneiragem, removendo-se sólidos de maiores dimensões, que serão lavados, compactados e desidratados. Dependendo das propriedades dos sólidos, a redução de volume poderá atingir 40% de sólidos secos ou mesmo valores superiores, com eficiência de lavagem e remoção de matéria orgânica superior a 90%. Os sólidos removidos são descarregados em um contentor (caçamba) e o efluente peneirado é descarregado num tanque de sedimentação, de geometria especial, onde é induzida a sedimentação das partículas sólidas de dimensões inferiores. As areias são removidas do tanque de sedimentação através do conjugado de um parafuso transportador horizontal e de um parafuso extrator inclinado, cujo efluente é encaminhada para um segundo contentor.

Após a sedimentação de sólidos finos, o efluente passa pelo sistema de remoção de óleos e gorduras, que incorpora uma unidade de arejamento incrementando a flotação dos óleos e gorduras, que serão encaminhados para um contentor adequado.

A eficiência na separação de sólidos, com o equipamento especificado, pode atingir até 95% no caso de remoção de areias com dimensões entre 200 μm a 250 μm e até 97% de remoção de matéria orgânica.

O equipamento será implantado no platô interno formado pelos diques de contenção das águas de cheia do rio Verde. Com o objetivo de eliminação de uma segunda estação elevatória para o recalque dos efluentes até o tratamento preliminar, foi projetada uma vala nesse platô interno dos diques, onde será instalado para viabilizar o recebimento dos efluentes transportados pelo interceptor final, por gravidade.

Foram pesquisados quatro fornecedores (Vibropac, Prominas, Wand e Huber) cujos equipamentos atendem às necessidades do sistema de São Gonçalo, e as especificações técnicas dos equipamentos ofertados são apresentadas a seguir.

3.1 EQUIPAMENTOS PESQUISADOS

MAIND, representada no Brasil pela Vibropac/Equifluxo



Cotia, 14 de outubro de 2015

O&M

Av. Prudente de Moraes, 621 – salas 501/502/517

Santo Antonio – BH - MG

Tel.: (31) 3309-8367

A/C Srta. Giselda
S/REF.: Email 15/10/2015 - SAAE São Lourenço
N/REF.: Proposta Comercial / Técnica nº 37581/15
Rev.0

Prezado (a) Senhor (a):

Temos a satisfação de submeter à sua apreciação nossa proposta técnica para o fornecimento de unidade combinada de pré tratamento marca VIBROPAC de acordo com sua solicitação.

É importante ressaltar que nossa empresa coloca à sua disposição nosso Departamento de Engenharia de Aplicações, devidamente capacitados para quaisquer esclarecimentos que se façam necessários.

Sendo o que tínhamos para o momento, nos colocamos à sua disposição.

Atenciosamente,

Maurício Rinaldi Flores
Gerente Comercial
Tel.: (11) 2108-5606
Cel.: (11) 98383-1884
mauricio@vibropac.com.br

Rafael Caldarelli
Departamento Comercial
Tel.: (11) 2108-5609
rcaldarelli@vibropac.com.br

VIBROPAC
Tecnologia e transporte de fluidos



Vibropac Indústria e Comércio de Equipamentos Ltda
Rua Pasadena, 271 – Parque Industrial San Jose
Cotia – São Paulo – 06715-864
Tel.: 55.11.2018-5600
E-mail: vibropac@vibropac.com.br



1. DESCRIÇÃO:

Proposta para o fornecimento de unidade combinada marca VIBROPAC, conforme sua solicitação.

2. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA:

Email 07/10/2015.

3. ESCOPO DE FORNECIMENTO:

01 Unidade combinada marca **VIBROPAC**, modelo **VUC 3 250** conforme detalhamento técnico (sólidos, areia e gorduras).

Valor Unitário.....R\$ 580.000,00

Valor TotalR\$ 580.000,00

02 Unidade combinada marca **VIBROPAC**, modelo **VUC 3 150** conforme detalhamento técnico (sólidos, areia e gorduras).

Valor Unitário.....R\$ 506.000,00

Valor TotalR\$ 1.012.000,00

03 Supervisão de montagem, comissionamento, start-up e treinamento (OPCIONAL)

10 diárias de 01 técnico VIBROPAC e 01 deslocamento.

Valor Unitário.....R\$ 14.500,00

- Dias estimados, sujeitos a alteração de acordo com a disponibilidade e cronograma de obras da CONTRATANTE.
- Para visitas fora da grande São Paulo, despesas com passagens, traslado, alimentação, hospedagem, aluguel de veículo, entre outras, ficarão por conta da CONTRATANTE.

4. CONDIÇÕES GERAIS DE FORNECIMENTO:

a. Impostos:

NCM:	8479.82.90
ICMS:	12% incluso
PIS/COFINS:	9,25% incluso
IPI:	0%

b. Código Fime: 2398573

c. Entrega: FOB – nossa fábrica;

VIBROPAC
Tecnologia e transporte de fluidos



Vibropac Indústria e Comércio de Equipamentos Ltda
Rua Pasadena, 271 – Parque Industrial San Jose
Cotia – São Paulo – 06715-864
Tel.: 55.11.2018-5600
E-mail: vibropac@vibropac.com.br



- d. **Pagamento:** A combinar.
- e. **Preços:** Preço baseado no Euro Comercial (€ 1 = R\$4,47) Para faturamento será considerado cotação do euro comercial do dia anterior a data do faturamento
- f. **Prazo de Entrega:** 150 dias após aprovação dos documentos
- g. **Desenhos / Documentos**
Documentos enviados pela VIBROPAC na eventual colocação do pedido:
Desenho de arranjo geral.
Diagrama elétrico.
Fluxograma.
Folha de dados do conjunto (unidade combinada)
Manual de operação e instalação.
- h. **Validade:** 30 dias da data desta proposta;
- i. **Embalagem:** Inclusa – padrão fabricante;
- j. **Devolução / Cancelamento:** O recebimento pela VIBROPAC de equipamentos devolvidos em razão de defeitos, não constitui motivo para cancelamento do pedido. Se a devolução for feita sem nosso prévio consentimento, as despesas dela decorrente (frete, etc) correrão por conta do cliente.
- k. **Garantia:** Os equipamentos acima descritos são garantidos contra quaisquer defeitos de fabricação por um período de 18 meses à partir da emissão da nota fiscal ou 12 meses a partir da entrada em operação, o que primeiro ocorrer.
- l. **Diligenciamento**
Diligenciamento por parte da CONTRATANTE poderá ser feito nas dependências da VIBROPAC baseado no cronograma de atividades oficial que será enviado caso tenha feito parte da negociação comercial e sejam contemplados com o pedido de compras.
- m. **Inspeção e Testes PRESENCIADOS.**
Não considerado para o fornecimento em questão. Caso seja necessário será objeto de renegociação do preço e prazo de entrega contratual.



- 5. ESCOPO DE FORNECIMENTO:**
Estritamente o descrito nesta proposta.
- 6. EMBALAGEM:**
Adequadas e protegidas para p transporte rodoviário.
- 7. PINTURA:**
Padrão fabricante, onde não for inox.
- 8. SERVIÇOS COMISSIONAMENTO/STAR-UP SISTEMAS:**
Não incluso no fornecimento.



DETALHAMENTO TÉCNICO

Equipamento combinado de pré-tratamento **VUC 3 250**, constituído por Peneira, compactadora CFC700, separador de areia, tanque e desengordurador..

CARACTERÍSTICAS:

Fabricante:	VIBROPAC
Modelo:	VUC 3 250
Tipo de parafuso:	Sem eixo (espiral)
Produto a tamisar/compactar:	Efluente
Capacidade Solicitada:	250 l/s
Malha fixa ao tanque:	Com abas especiais laterais em plástico
Dimensões do tanque:	de acordo com desenho anexo
Espessura do tanque	3 e 4 mm
Tubo de entrada do efluente:	DN 400 – PN10
Tubo de saída do efluente dentro do separador de areias:	DN 400 – PN10
Nível máximo interno antes da malha	800 mm
Comprimento total da peneira	5270 mm (incluindo moto redutor)
Inclinação do parafuso:	35°
Diâmetro externo da malha:	700 mm
Parafuso tipo:	Reforçado
Diâmetro do parafuso na zona de peneiramento:	690 mm
Espessura do parafuso na zona de peneiramento:	5 mm
Malha (mesh):	6 mm
Tipo de malha:	Orifícios
Sistema de limpeza da malha:	Com escovas fixadas ao parafuso
Diâmetro do parafuso na zona de transporte:	295 mm
Espessura do parafuso na zona de transporte	25 mm
Diâmetro do tubo exterior:	323 mm
Espessura do tubo exterior:	3 mm
Barras de atrito:	Barras de atrito fixada com parafusos
Espessura das barras:	8 mm
Moto redutor tipo:	Eixos paralelos
Potência instalada:	1,1 kW – Classe F, IP55 - 380V - 60 Hz
Velocidade:	8 rpm
Saída vertical dos sólidos:	Depois da zona de compactação
Volume redução dos sólidos:	De 40 a 60 %
Secagem:	De 25 a 35% de matéria seca
Estrutura:	Aço Inox AISI 304
Parafuso na zona de transporte:	Aço micro alloy



O efluente sem os sólidos vai diretamente para dentro do separador de areias/gorduras com as seguintes características:

Capacidade da tremonha:	22,5 m³
Espessura da tremonha	3 mm reforçada
Tipo de parafuso horizontal:	Espiral sem eixo
Diâmetro do parafuso horizontal:	280 mm
Espessura do parafuso horizontal	20 mm
Barras de atrito	Com parafusos de fixação
Espessura das barras	8 mm
Comprimento do parafuso horizontal	12000 mm
Diâmetro do parafuso	280 mm
Espessura do parafuso	20 mm
Diâmetro externo da cuba	325 mm
Marca do moto redutor	STM
Potencia instalada	0,55 KW – classe F – IP55 - 380V - 60 Hz
Velocidade	5 rpm
Parafuso de extração	Sem eixo.
Diâmetro do parafuso de extração	195 mm
Espessura do parafuso de extração	20 mm
Barras de atrito	Barras de atrito com parafuso de fixação
Espessura das barras	8 mm
Comprimento do parafuso	6800 mm
Capacidade de extração de areia	1,2 m³/h
Diâmetro externo do tubo	219 mm
Espessura externa do tubo	3 mm
Potência instalada:	0,55 kW – classe F – IP 55 - 380 V – 60Hz
Velocidade:	7 rpm
Extrator de gordura	Incluso
Tipo	Com lamina + corrente de tração em aço inox
Potência instalada:	0,18 kW – classe F – IP 55 - 380 V – 60Hz
Velocidade de rotação da lamina:	20 m/min
Compressor de ar	50 Nm³/h a 0,5 bar – 1,1 kW
Corpo, malha, estruturas e parafusos	Aço inox AISI 304
Espirais	Aço micro alloy



DETALHAMENTO TÉCNICO

Equipamento combinado de pré-tratamento **VUC 3 150**, constituído por peneira compactadora, separador de areia e desengordurador.

CARACTERÍSTICAS:

Fabricante:	VIBROPAC / FLUITECO
Modelo:	VUC 3 150
Tipo de parafuso:	Sem eixo (espiral)
Produto a tamisar/compactar:	Efluente
Capacidade Máxima:	Até 150 l/s
Malha fixa ao tanque:	Com abas especiais laterais em plástico
Dimensões do tanque:	de acordo com desenho anexo
Espessura do tanque	3 e 4 mm
Tubo de entrada do efluente:	DN 400 – PN10
Tubo de saída do efluente dentro do separador de areias:	DN 400 – PN10
Nível máximo interno antes da malha	680 mm
Comprimento total da peneira	5500 mm (incluindo moto redutor)
Inclinação do parafuso:	35°
Diâmetro externo da malha:	700 mm
Parafuso tipo:	Reforçado
Diâmetro do parafuso na zona de peneiramento:	690 mm
Espessura do parafuso na zona de peneiramento:	5 mm
Malha (mesh):	6 mm
Tipo de malha:	Orifícios
Sistema de limpeza da malha:	Com escovas fixadas ao parafuso
Diâmetro do parafuso na zona de transporte:	295 mm
Espessura do parafuso na zona de transporte	25 mm
Diâmetro do tubo exterior:	323 mm
Espessura do tubo exterior:	3 mm
Barras de atrito:	Barras de atrito fixada com parafusos
Espessura das barras:	8 mm
Moto redutor tipo:	Coroa sem fim
Potência instalada:	1,1 kW - Classe F, IP55 - 380V - 60 Hz
Velocidade:	8 rpm
Saída vertical dos sólidos:	Depois da zona de compactação
Volume redução dos sólidos:	De 40 a 60 %
Secagem:	De 25 a 35% de matéria seca
Estrutura:	Aço Inox AISI 304
Parafuso na zona de transporte:	Aço especial Micro Alloy



O efluente sem os sólidos vai diretamente para dentro do separador de areias/gorduras com as seguintes características:

Capacidade da tremonha:	13,5 m³
Espessura da tremonha	3 mm reforçada
Tipo de parafuso horizontal:	Espiral sem eixo
Diâmetro do parafuso horizontal:	280 mm
Espessura do parafuso horizontal	20 mm
Barras de atrito	Com parafusos de fixação
Espessura das barras	8 mm
Comprimento do parafuso horizontal	7500 mm
Diâmetro do parafuso	280 mm
Espessura do parafuso	20 mm
Diâmetro externo da cuba	325 mm
Potência instalada	0,55 kW – classe F – IP55 - 380V - 60 Hz
Velocidade	5 rpm
Parafuso de extração	Sem eixo.
Diâmetro do parafuso de extração	195 mm
Espessura do parafuso de extração	20 mm
Barras de atrito	Barras de atrito com parafuso de fixação
Espessura das barras	8 mm
Comprimento do parafuso	6100 mm
Capacidade de extração de areia	1,2 m³/h
Diâmetro externo do tubo	219 mm
Espessura externa do tubo	3 mm
Potência instalada:	0,55 kW - classe F – IP 55 - 380 V – 60Hz
Velocidade:	7 rpm
Extrator de gordura	Incluso
Tipo	Com lamina + corrente de tração em aço inox
Potência instalada:	0,18 kW - classe F – IP 55 - 380 V – 60Hz
Velocidade de rotação da lamina:	20 m/min
Compressor de ar (não incluso)	45 Nm³/h a 0.3 bar
Corpo, malha, estruturas e parafusos	Aço inox AISI 304
Espirais	Aço especial Micro Alloy.



Incluso:

- Tubo de retorno do líquido da zona de compactação.
- Tampa de inspeção na zona de compactação com interruptor de segurança.
- **Sistema de lavagem na zona de compactação** com válvula manual e solenoide (água 1,0 lts por segundo – 2,5 bar)
- **Sistema de lavagem na zona de peneiramento** com válvula manual e solenoide (água 1,0 lt por segundo – 5 bar)
- **Sistema de by-pass ao tamisador** com grelha manual de 20 mm.
- Bombas de água para lavagem.
- Pannel elétrico para comando da unidade com dois limitadores de torque eletrônicos e indicador de nível pneumático.
- **2 anos de garantia** (excluindo barras de desgaste e escovas)

Notas técnicas:

- A eficiência de remoção de areias é de cerca de 90% para partículas de tamanho igual ou superior a 0,2mm. Para gorduras a eficiência é de cerca de 70 a 80%.
- Espirais em aço especial micro alloy.

Lista de esclarecimentos

- 1) O escopo em questão refere-se única e exclusivamente ao equipamento descrito nesta proposta, sendo que despesas com relação a parte civil (desmontagem, recuperação de áreas, mobilização e desmobilização de equipamentos, movimentação dentro da área, entre outras) serão de total responsabilidade da CONTRATANTE.
- 2) Instalações mecânicas e elétricas necessárias para operação do equipamento deverão estar disponíveis no local de instalação do mesmo, sendo esta de total responsabilidade da CONTRATANTE.
- 3) Será fornecido certificado de qualidade no padrão VIBROPAC, valendo o mesmo para os acessórios de subfornecedores que compõe o equipamento.
- 4) Pintura padrão VIBROPAC onde não for inox. Acessórios (bombas, motores, etc) utilizados no mesmo terão pintura de acordo com padrão do fabricante.

Prominas



1

15 de outubro de 2015
Proposta nº 152811 - Rev. 0

gizelda@oemengenharia.com.br

21333 – OLIVEIRA E MARQUES ENGENHARIA LTDA.

At.: Sra. Gizelda de Melo Machado
Diretora
Belo Horizonte – MG

Prezados Senhores:

Atendendo solicitação de V.Sas., passamos revisão de nossa proposta, conforme abaixo:

ESCOPO DE FORNECIMENTO – ETE SÃO LOURENÇO MG

Sistema completo de Pré-Tratamento de Esgoto, marca PROMINAS, modelo **PTRAT-260G**.

Descrição do Sistema

O sistema de pre-tratamento de efluentes PTRAT fabricado pela PROMINAS é a solução completa para a fase do pré tratamento de efluentes em estações de tratamento de esgoto ou de efluentes industriais.

Alem de fazer o tratamento completo, o sistema exige pouco espaço e tem instalação fácil, podendo ser fixado sobre o piso ou sob o piso (instalação subterrânea).

O sistema é composto por um canal, uma peneira de canal modelo PCP fabricada pela PROMINAS e dois transportadores de rosca helicoidal, agrupados em um único conjunto cuja fabricação padrão é em aço inoxidável AISI 304.

O efluente chega ao Sistema PTRAT (por gravidade, no caso de instalação subterrânea, ou por bombeamento se a instalação for sobre o piso) e entra no sistema pelo flange de entrada.

Dentro do sistema o efluente passa pelas seguintes fases:

1) Peneiramento

O efluente passa por um Peneiramento executado por meio de uma peneira PCP, cuja a abertura pode variar de 3 a 10 mm e que será escolhida pelo cliente em função do tamanho dos sólidos que deseja reter. Nesta fase o gradeamento fará a remoção de todo o material flutuante e suspenso. O material retido na peneira é periodicamente retirado para fora do sistema, de forma automática e despejado em um saco plástico ou caçamba. Durante o processo de remoção os sólidos são lavados e compactados, para a redução de substância orgânica, odor e volume. A limpeza é feita por meio de uma bomba fornecida com o equipamento, que faz a limpeza da parte filtrante da peneira e dos sólidos retidos, bombeando periodicamente água limpa através de bocais de hidrojateamento. O líquido resultante da lavagem e compactação é reintegrado ao processo.

– Retirada de areia

Após o gradeamento o líquido segue para a caixa de areia em forma de canal, com seção transversal adequada para facilitar a decantação. Durante o deslocamento do efluente ao longo do canal, a areia sedimenta, sendo direcionada para um transportador helicoidal montado na horizontal no fundo da caixa.

Periodicamente o transportador é acionado automaticamente, transportando a areia sedimentada em contra corrente, para que a parte orgânica agregada, seja removida. No final do transportador horizontal a areia é descarregada em um coletor, de onde é transportada para fora do sistema por um transportador helicoidal montado na vertical, podendo ser recolhida em saco ou caçamba. Como esta rosca sem fim trabalha inclinada em 35° em relação à horizontal, durante o transporte a areia é desidratada.

Os materiais sólidos retirados no gradeamento e a areia retirada no canal, ficam em embalagens diferentes.

PROMINAS BRASIL EQUIPAMENTOS LTDA.
R. Dr. Alderico Vieira Perdigão, 1601
13572-060 - São Carlos - SP

Telefone: (16) 3375-9111
Fax : (16) 3375-9110

e-mail : comercial@prominas.com.br
Home Page: www.PROMINAS.com.br



Proposta nº 152811 - Rev. 0

- Pannel de Comando e motores elétricos

O pannel de comando é fabricado em chapa de aço carbono e pintado com tinta epóxi, na cor cinza claro RAL 7032, com grau de proteção IP 54, para instalação abrigada e montagem em parede. O pannel pode ser solicitado nas tensões de 220 ou 380 ou 440 Vca.

O pannel de comando usado tem Controlador Lógico Programável (CLP) e Interface Homem Máquina (HIM), com as seguintes funções:

- Chave geral com trava
- Luz indicadora de pannel de comando ligado
- Operação do em modo manual e automático
- Comando para ligar a peneira nos dois sentidos de rotação, no modo manual.
- Comando para ligar as roscas transportadoras de forma independente, nos dois sentidos de rotação no modo manual.
- Comando da bomba centrífuga de limpeza no modo manual
- Indicação da peneira ligada.
- Indicação dos transportadores helicoidais de retirada de areia em operação
- Indicação da bomba centrífuga de limpeza em operação
- Programador de operação para a peneira (tela de ajustes de tempos de funcionamento)
- Programador de operação para os transportadores de areia
- Botão de parada de emergência
- Luz indicadora de falhas
- Indicação de parada dos motores da peneira e transportadores por excesso de torque
- Porta de comunicação Modbus – RTU – mestre/escravo
- Inversor de frequência para motores com potência até 6 CV;
- Os motores elétricos usados no sistema tem proteção IP-65 e podem ser solicitados nas tensões de 220/380/440 Vca.
- Luz indicadora de parada dos motores da peneira e transportadores por excesso de torque
- Os motores elétricos usados no sistema tem proteção IPW55 e podem ser solicitados nas tensões de 220/380/440 Vca.

- Sistema de retirada de gordura (PTRAT-G)

O sistema será equipado com um conjunto que permite a retirada da gordura do efluente na fase de pré-tratamento.

- Sistema de aeração do efluente (PTRAT-G)

O equipamento será fornecido com um soprador que permite que seja feita a aeração no efluente através de microbolhas, para facilitar a retirada de gordura.

2 – Escopo de fornecimento

Sistema de pré-tratamento de esgoto e efluentes industriais fabricado pela PROMINAS, modelo PTRAT-260G, para vazão de 250 l/s, composto por:

2.1 – Peneira de canal

Peneira de canal modelo PCP - 1400 com abertura 5 mm para vazão de 250 l/s fabricada totalmente em aço inoxidável AISI 304, com acionamento por motor de 2 CV, tensão 220/380/440 Vac, proteção IP-65 e calha lateral com comprimento máximo de 2,0 mts para direcionamento e descarga dos sólidos retidos em caçamba.

Conjunto motobomba para limpeza da tela filtrante da peneira e da caixa de limpeza da peneira, acionada por motor elétrico, tensão 220/380/440 Vac, proteção IPW 55.

Componentes de interligação: hidráulica entre bomba e peneira; elétrico entre os motores e o sistema de controle de nível e o pannel.

PROMINAS BRASIL EQUIPAMENTOS LTDA.
R. Dr. Alderico Vieira Perdigão, 1601
13572-060 - São Carlos - SP

Telefone: (16) 3375-9111
Fax : (16) 3375-9110

e-mail : comercial@prominas.com.br
Home Page: www.PROMINAS.com.br



Proposta nº 152811 - Rev. 0

Sistema de controle de nível ultrassônico que liga a peneira quando o nível antes dela atinge o valor máximo.

2.2 – Canal e transportadores para retirada de areia

Canal e transportadores para retirada de areia, fabricados totalmente em aço inoxidável AISI 304. Os motores dos transportadores tem potência de 1,50 CV e 1,50 CV respectivamente, tensão 220/380/440 Vac e proteção IP-65. Os bocais de entrada e saída são construídos conforme Norma DIN 2632 classe PN 10 e tem diâmetro de 600 e 800 mm. Serão fornecidas sapatas de nivelamento para todos os suportes de apoio do canal no solo. O canal será fornecido para montagem sobre o nível do solo ou enterrado. Calha lateral com comprimento máximo de 2,0 m para direcionamento e descarga da areia em caçamba.

2.3 – Pannel de Comando

Painel de comando conforme descrito no item 1, para tensão de entrada 220/380/440 Vac, proteção IP 54 para instalação em local coberto. O painel de comando deverá ser instalado o mais próximo possível do sistema (o motor mais afastado do painel deverá estar a uma distância máxima de 10 metros).

Fazem parte do escopo os componentes elétricos para a interligação elétrica entre o painel de comando os motores de acionamento e o sistema de controle de nível

2.4 – Pintura

Equipamento fabricado em aço inoxidável AISI 304 sem pintura, exceto os motores elétricos e redutores que serão pintados conforme padrão dos fornecedores.

2.5 – Documentação Técnica

A documentação técnica para aprovação será enviada em até 45 dias após o recebimento e aprovação pela PROMINAS, da Ordem de Compra emitida pelo cliente. A documentação certificada e o Manual de operação e manutenção será enviada com o equipamento.

2.6 – Inspeção e testes

O equipamento será fabricado conforme plano de inspeção PROMINAS e após a pré-montagem na fábrica será submetido a teste de funcionamento, com água limpa.

2.7 – Embalagem

Em razão de suas dimensões o equipamento será entregue desmontado e somente as partes frágeis serão acondicionadas em estrados tipo pallet.

2.8 – Entrega Técnica e Pré operação

Estão incluídas no escopo de fornecimento a instalação do equipamento, o treinamento dos operadores e a pré-operação do sistema por dois técnicos da PROMINAS, por um período máximo de 10 dias desde que cumpridas as exigências do item "Responsabilidades do Cliente" desta proposta.

3 – Informações Para o Cliente

3.1 – É necessária a instalação de uma tubulação de by pass ligando a entrada e a saída do Sistema PTRAT, para evitar transbordamento no canal por falta de energia elétrica ou manutenção do PTRAT.

3.2 – É necessária a instalação de uma grade grossa com abertura 25 mm antes do sistema para evitar que sólidos grandes, tais como pedaços de madeira, pedras, etc., entrem no sistema e danifiquem a peneira.

PROMINAS BRASIL EQUIPAMENTOS LTDA.
R. Dr. Alderico Vieira Perdigão, 1601
13572-060 - São Carlos - SP

Telefone: (16) 3375-9111
Fax : (16) 3375-9110

e-mail : comercial@prominas.com.br
Home Page: www.PROMINAS.com.br



Proposta nº 152811 - Rev. 0

3.3 – O painel de comando deve ser instalado de forma que a maior distância entre ele e o motor mais distante seja no máximo 10 metros.

3.4 – O equipamento está sendo cotado com dimensões para instalação sobre o piso. Se a instalação do cliente for em piso rebaixado (enterrado), a proposta deverá ser revisada uma vez que essa instalação altera os comprimentos da peneira e do transportador de areia, para que eles possam descarregar o material sólido em caçambas.

4 – Responsabilidades do cliente

Responsabilidades do cliente que são pré-requisitos para a instalação do equipamento:

4.1 – Todas as partes em concreto que tem interface com o equipamento devem estar concluídas e nas dimensões definidas pela PROMINAS.

4.2 – A rede de energia elétrica deve estar concluída e disponível no ponto de instalação dos painéis elétricos.
Os conduites que levam a energia do local onde os painéis serão instalados, até os pontos de ligação no equipamento, devem estar instalados de acordo com orientação da PROMINAS.

4.3 – Deve ser permitido acesso irrestrito à área de instalação do equipamento.

4.4 – O local de instalação deve permitir o acesso de veículos para carga e descarga.

4.5 – Operadores e equipamentos de transporte e movimentação de materiais, tais como, empilhadeira, guinchos etc., com capacidade de carga compatível, devem estar disponíveis para descarga e movimentação de partes do equipamento.

4.6 – Disponibilidade de pessoal qualificado para execução de ajustes nas partes civil, elétrica e hidráulica da área onde o equipamento será instalado, quando for requerido pelos técnicos da PROMINAS.

4.7 – Informações, dados do projeto e desenhos da área onde o Sistema será instalado, serão necessários para a especificação e dimensionamento do equipamento após a emissão da Ordem de Compra do Cliente

4.8 – Acompanhamento de pelo menos um funcionário do cliente que tenha domínio do processo para orientação dos funcionários da PROMINAS em caso de dúvidas.

5 – Horas extras

A PROMINAS está considerando um período de 10 (dez) dias úteis para a instalação, pré-teste dos equipamentos e treinamento dos operadores no cliente, trabalhando dentro da jornada normal de trabalho. Se houverem atrasos de responsabilidade da PROMINAS, as horas trabalhadas a mais, serão de nossa responsabilidade.

Horas de paralisação ou atraso gerados por responsabilidade do cliente, serão consideradas horas trabalhadas e serão cobradas conforme tabela de preço de serviços por hora da PROMINAS, considerando o descrito abaixo:

Fica definido como jornada normal de trabalho o período de Segunda-feira à Sexta-feira da 8:00 às 17:00 horas. As horas trabalhadas fora deste período serão consideradas **EXTRAS** e cobradas com:

PROMINAS BRASIL EQUIPAMENTOS LTDA.
R. Dr. Alderico Vieira Perdigão, 1601
13572-060 - São Carlos - SP

Telefone: (16) 3375-9111
Fax : (16) 3375-9110

e-mail : comercial@prominas.com.br
Home Page: www.PROMINAS.com.br



Proposta nº 152811 - Rev. 0

- **60% de acréscimo:** para trabalhos realizados de segunda a sexta-feira das 17h01min às 24 horas, bem como aos sábados de 8h30min às 17 horas.
- **100% de acréscimo:** para trabalhos realizados aos domingos e feriados, bem como de segunda a sábado das 00 horas às 8h30min e no sábado das 17h30min às 24 horas.

Por hora de trabalho entende-se o horário em que o funcionário deixou a PROMINAS ou o hotel onde está hospedado, até o momento em que retornar ao local de origem, descontando-se eventual horário de almoço.

Em caso de viagem a contagem das horas também se inicia na PROMINAS e termina com a chegada do funcionário ao local de origem ou ao hotel onde ficará hospedado.

VALOR TOTAL UNITÁRIO DO CONJUNTO COM INSTALAÇÃO E TRANSPORTE ... R\$ 778.973,00
VALOR TOTAL DA PROPOSTA PARA 02 UNIDADES R\$ 1.557.946,00
(hum milhão quinhentos e cinquenta e sete mil novecentos e quarenta e seis reais).

2- NOTAS COMPLEMENTARES

- 1- Todos os itens que compõem a Peneira, exceção feita a Motores e Redutores, são de fabricação PROMINAS, inclusive as telas que formam o cesto filtrante com controle de qualidade normalizado (ISO 9002).

CONDIÇÕES GERAIS DE FORNECIMENTO

- 1) Local de Entrega
Material cotado na condição CIP – ETE – São Lourenço - MG.
- 2) Condições de Pagamento
30 dias
- 3) Prazo de Entrega
150 (cento e cinquenta) dias, a partir do recebimento do pedido.
- 4) Impostos
Está incluso no preço indicado o seguinte imposto:
 - ICMS
Calculado pela alíquota de 18% (dezoito por cento) com redução na Base de Cálculo em 51,11%, conforme Convênio ICMS 52/91, de forma a gerar uma carga tributária final de 8,80%.
 - IPI: Alíquota Zero, exclusão.

PROMINAS BRASIL EQUIPAMENTOS LTDA.
R. Dr. Alderico Vieira Perdigão, 1601
13572-060 - São Carlos - SP

Telefone: (16) 3375-9111
Fax : (16) 3375-9110

e-mail : comercial@prominas.com.br
Home Page: www.PROMINAS.com.br



Proposta nº 152811 - Rev. 0

5) Validade da Proposta

Esta proposta é válida por 30 (trinta) dias.

6) Demais condições poderão ser consultadas e impressas em nosso site: www.prominas.com.br e fazem parte integrante desta proposta.

(X) Sem alterações.

() Com as seguintes alterações.

Atenciosamente

Cláudio Borges de Oliveira
Vendas Técnicas

CBO/CBO – DV04Q09

PROMINAS BRASIL EQUIPAMENTOS LTDA.
R. Dr. Alderico Vieira Perdigão, 1601
13572-060 - São Carlos - SP

Telefone: (16) 3375-9111
Fax : (16) 3375-9110

e-mail : comercial@prominas.com.br
Home Page: www.PROMINAS.com.br

3.2 GRADE DE LIMPEZA MANUAL

A grade de limpeza manual projetada terá assentamento com uma inclinação de 60° com a horizontal, sendo composta por barras chatas de 5/16" x 1.1/2" espaçadas de 2,50 cm.

A eficiência da grade é expressa por:

$$E = \frac{a}{a+t}, \text{ onde:}$$

a = espaçamento livre entre as barras (mm)

t = espessura das barras (mm)

Portanto:

$$E = \frac{25}{25 + 7,9} = 0,759 \text{ (76 \%)}$$

3.2.1 Canal de Aproximação do sistema de gradeamento

A velocidade máxima do escoamento na grade não deve ultrapassar $V = 1,20 \text{ m/s}$ e, para evitar a sedimentação de material ao longo do canal, é recomendada a utilização de uma velocidade mínima no canal $V_c = 0,40 \text{ m/s}$.

Estabelecendo-se um canal com base de **B = 0,90 m** e comprimento de tranquilização de **L = 2,0 m**, desconsiderando-se a grade e, sabendo-se que a profundidade do escoamento na soleira do degrau a jusante do local de instalação da grade equivale à profundidade crítica (**Y = 0,196 m**) para a vazão máxima, tem-se o perfil da linha d'água mostrado no Quadro 1:

Quadro 1 - Canal de Aproximação: Perfil da Linha D'Água (Qmax)

Ponto	L (m)	Z (m)	Y(m)	Área (m²)	Rh (m)	V (m/s)	E (m)	J (m/m)	Fr	Tr (N/m²)
0	0,0	0,000	0,253	0,227	0,162	1,0780	0,312	0,00697	0,68	0,00
1	0,1	0,000	0,252	0,226	0,161	1,0826	0,311	0,00705	0,69	0,00
2	0,2	0,000	0,251	0,226	0,161	1,0873	0,311	0,00714	0,69	0,00
3	0,2	0,000	0,249	0,225	0,160	1,0921	0,310	0,00723	0,70	0,00
4	0,3	0,000	0,248	0,223	0,160	1,0971	0,310	0,00733	0,70	0,00
5	0,4	0,000	0,247	0,222	0,160	1,1024	0,309	0,00743	0,71	0,00
6	0,5	0,000	0,246	0,221	0,159	1,1078	0,308	0,00753	0,71	0,00
7	0,6	0,000	0,245	0,220	0,159	1,1134	0,308	0,00764	0,72	0,00
8	0,6	0,000	0,243	0,219	0,158	1,1193	0,307	0,00776	0,72	0,00
9	0,7	0,000	0,242	0,218	0,157	1,1254	0,307	0,00788	0,73	0,00
10	0,8	0,000	0,241	0,217	0,157	1,1318	0,306	0,00801	0,74	0,00
11	0,9	0,000	0,239	0,215	0,156	1,1386	0,305	0,00815	0,74	0,00
12	1,0	0,000	0,238	0,214	0,156	1,1457	0,305	0,00830	0,75	0,00
13	1,0	0,000	0,236	0,213	0,155	1,1532	0,304	0,00846	0,76	0,00
14	1,1	0,000	0,235	0,211	0,154	1,1612	0,303	0,00862	0,77	0,00
15	1,2	0,000	0,233	0,210	0,153	1,1697	0,303	0,00881	0,77	0,00
16	1,3	0,000	0,231	0,208	0,153	1,1788	0,302	0,00901	0,78	0,00
17	1,4	0,000	0,229	0,206	0,152	1,1887	0,301	0,00923	0,79	0,00
18	1,4	0,000	0,227	0,204	0,151	1,1995	0,300	0,00947	0,80	0,00
19	1,5	0,000	0,225	0,202	0,150	1,2113	0,300	0,00974	0,82	0,00
20	1,6	0,000	0,222	0,200	0,149	1,2246	0,299	0,01005	0,83	0,00
21	1,7	0,000	0,220	0,198	0,148	1,2397	0,298	0,01042	0,84	0,00
22	1,8	0,000	0,217	0,195	0,146	1,2576	0,297	0,01086	0,86	0,00
23	1,8	0,000	0,213	0,192	0,145	1,2797	0,296	0,01142	0,89	0,00
24	1,9	0,000	0,208	0,187	0,142	1,3103	0,295	0,01223	0,92	0,00
25	2,0	0,000	0,196	0,177	0,137	1,3872	0,294	0,01445	1,00	0,00

Para a vazão mínima, a profundidade crítica é **Y = 0,106 m** e o perfil da linha d'água está apresentado no Quadro 1:

Quadro 2 - Canal de Aproximação: Perfil da Linha D'Água (Q_{min})

Ponto	L (m)	Z (m)	Y (m)	Área (m²)	Rh (m)	V (m/s)	E (m)	J (m/m)	Fr	Tr (N/m²)
0	0,0	0,000	0,124	0,112	0,097	0,8755	0,164	0,00904	0,79	0,00
1	0,1	0,000	0,124	0,112	0,097	0,8772	0,163	0,00909	0,79	0,00
2	0,2	0,000	0,124	0,112	0,097	0,8789	0,163	0,00914	0,80	0,00
3	0,2	0,000	0,124	0,111	0,097	0,8807	0,163	0,00920	0,80	0,00
4	0,3	0,000	0,123	0,111	0,097	0,8826	0,163	0,00926	0,80	0,00
5	0,4	0,000	0,123	0,111	0,097	0,8846	0,163	0,00933	0,80	0,00
6	0,5	0,000	0,123	0,111	0,097	0,8867	0,163	0,00939	0,81	0,00
7	0,6	0,000	0,123	0,110	0,096	0,8889	0,163	0,00946	0,81	0,00
8	0,6	0,000	0,122	0,110	0,096	0,8912	0,163	0,00954	0,81	0,00
9	0,7	0,000	0,122	0,110	0,096	0,8937	0,163	0,00962	0,82	0,00
10	0,8	0,000	0,122	0,109	0,096	0,8962	0,163	0,00970	0,82	0,00
11	0,9	0,000	0,121	0,109	0,095	0,8990	0,162	0,00980	0,82	0,00
12	1,0	0,000	0,121	0,109	0,095	0,9019	0,162	0,00989	0,83	0,00
13	1,0	0,000	0,120	0,108	0,095	0,9050	0,162	0,01000	0,83	0,00
14	1,1	0,000	0,120	0,108	0,095	0,9084	0,162	0,01011	0,84	0,00
15	1,2	0,000	0,119	0,108	0,094	0,9120	0,162	0,01024	0,84	0,00
16	1,3	0,000	0,119	0,107	0,094	0,9160	0,162	0,01037	0,85	0,00
17	1,4	0,000	0,118	0,107	0,094	0,9203	0,162	0,01052	0,85	0,00
18	1,4	0,000	0,118	0,106	0,093	0,9251	0,161	0,01069	0,86	0,00
19	1,5	0,000	0,117	0,105	0,093	0,9305	0,161	0,01088	0,87	0,00
20	1,6	0,000	0,116	0,105	0,092	0,9366	0,161	0,01110	0,88	0,00
21	1,7	0,000	0,115	0,104	0,092	0,9438	0,161	0,01137	0,89	0,00
22	1,8	0,000	0,114	0,103	0,091	0,9525	0,161	0,01169	0,90	0,00
23	1,8	0,000	0,113	0,102	0,090	0,9635	0,160	0,01211	0,91	0,00
24	1,9	0,000	0,111	0,100	0,089	0,9793	0,160	0,01273	0,94	0,00
25	2,0	0,000	0,107	0,096	0,086	1,0222	0,160	0,01452	1,00	0,00

O ajuste das profundidades de escoamento com a perda de carga na grade, para a vazão máxima, está apresentado no Quadro 3 a seguir.

Quadro 3 - Ajuste das Profundidades para a Vazão Máxima

Largura (m)	Y Mont. Grade (m)	Y Mont. Canal (m)	Vel. Canal Mont. Grade (m/s)	Vel. Grade (m/s)	Hf Grade (mca)	Y Grade 50% suja (m)	Dif. (%)
0,90	0,5000	0,5023	0,5449	0,7170	0,0158	0,3245	-54,06
0,90	0,4000	0,4043	0,6811	0,8962	0,0247	0,3967	-0,84
0,90	0,3900	0,3947	0,6986	0,9192	0,0260	0,4071	4,20
0,90	0,3950	0,3995	0,6897	0,9075	0,0254	0,4017	1,68
0,90	0,3955	0,4000	0,6889	0,9064	0,0253	0,4013	1,44
0,90	0,3980	0,4024	0,6845	0,9007	0,0250	0,3987	0,17

O ajuste das profundidades com a perda de carga na grade, para a vazão mínima está apresentado no Quadro 4 a seguir.

Quadro 4 - Ajuste das Profundidades para a Vazão Mínima

Largura (m)	Y Mont. Grade (m)	Y Mont. Canal (m)	Vel. Canal Mont. Grade (m/s)	Vel. Grade (m/s)	Hf Grade (mca)	Y Grade 50% suja (mca)	Dif. (%)
0,90	0,3000	0,3014	0,3632	0,4779	0,0070	0,1635	-83,44
0,90	0,2500	0,2525	0,4359	0,5736	0,0101	0,1886	-32,54
0,90	0,2000	0,2049	0,5448	0,7168	0,0158	0,2347	14,80
0,90	0,2100	0,2142	0,5189	0,6828	0,0144	0,2229	5,77
0,90	0,2200	0,2236	0,4953	0,6517	0,0131	0,2125	-3,52
0,90	0,2150	0,2189	0,5068	0,6668	0,0137	0,2175	1,15
0,90	0,2160	0,2199	0,5045	0,6638	0,0136	0,2165	0,23

O perfil da linha d'água no canal de aproximação da grade, para a vazão máxima está apresentado no Quadro 5 e no Gráfico 1 a seguir.

Quadro 5 - Perfil da Linha D'Água - Vazão Máxima

Ponto	L (m)	Z (m)	Y (m)	Área (m²)	Rh (m)	V (m/s)	E (m)	J (m/m)	Fr	Tr (N/m²)
0	0,0	0,000	0,402	0,362	0,212	0,6770	0,426	0,00191	0,34	0,00
1	0,1	0,000	0,402	0,362	0,212	0,6773	0,426	0,00192	0,34	0,00
2	0,2	0,000	0,402	0,362	0,212	0,6776	0,425	0,00192	0,34	0,00
3	0,2	0,000	0,402	0,362	0,212	0,6779	0,425	0,00192	0,34	0,00
4	0,3	0,000	0,402	0,362	0,212	0,6782	0,425	0,00192	0,34	0,00
5	0,4	0,000	0,402	0,361	0,212	0,6785	0,425	0,00192	0,34	0,00
6	0,5	0,000	0,401	0,361	0,212	0,6788	0,425	0,00193	0,34	0,00
7	0,6	0,000	0,401	0,361	0,212	0,6791	0,425	0,00193	0,34	0,00
8	0,6	0,000	0,401	0,361	0,212	0,6794	0,425	0,00193	0,34	0,00
9	0,7	0,000	0,401	0,361	0,212	0,6797	0,424	0,00193	0,34	0,00
10	0,8	0,000	0,401	0,361	0,212	0,6800	0,424	0,00194	0,34	0,00
11	0,9	0,000	0,400	0,360	0,212	0,6803	0,424	0,00194	0,34	0,00
12	1,0	0,000	0,400	0,360	0,212	0,6806	0,424	0,00194	0,34	0,00
13	1,0	0,000	0,400	0,360	0,212	0,6809	0,424	0,00194	0,34	0,00
14	1,1	0,000	0,400	0,360	0,212	0,6812	0,424	0,00194	0,34	0,00
15	1,2	0,000	0,400	0,360	0,212	0,6815	0,423	0,00195	0,34	0,00
16	1,3	0,000	0,400	0,360	0,212	0,6818	0,423	0,00195	0,34	0,00
17	1,4	0,000	0,399	0,359	0,212	0,6821	0,423	0,00195	0,34	0,00
18	1,4	0,000	0,399	0,359	0,212	0,6824	0,423	0,00195	0,34	0,00
19	1,5	0,000	0,399	0,359	0,212	0,6827	0,423	0,00196	0,35	0,00
20	1,6	0,000	0,399	0,359	0,211	0,6830	0,423	0,00196	0,35	0,00
21	1,7	0,000	0,399	0,359	0,211	0,6833	0,423	0,00196	0,35	0,00
22	1,8	0,000	0,399	0,359	0,211	0,6836	0,422	0,00196	0,35	0,00
23	1,8	0,000	0,398	0,359	0,211	0,6839	0,422	0,00197	0,35	0,00
24	1,9	0,000	0,398	0,358	0,211	0,6842	0,422	0,00197	0,35	0,00
25	2,0	0,000	0,398	0,358	0,211	0,6845	0,422	0,00197	0,35	0,00

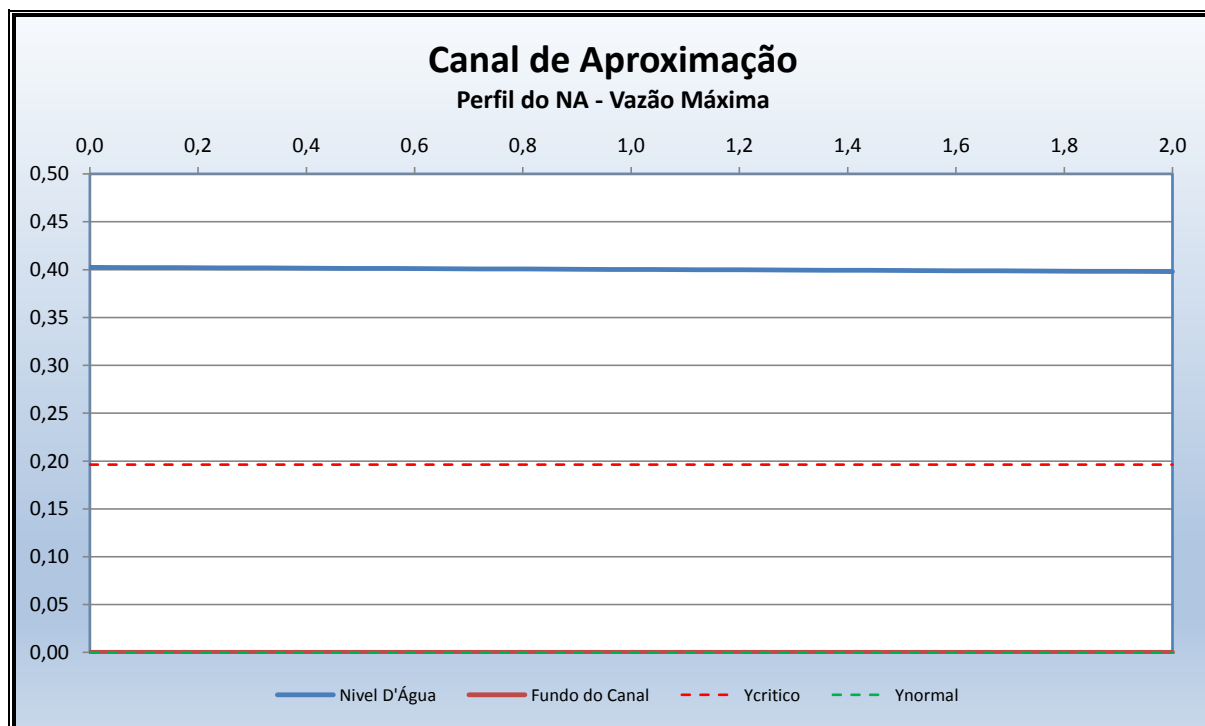


Gráfico 1 - Perfil da Linha D'Água - Vazão Máxima

O perfil da linha d'água no canal de aproximação da grade, para a vazão mínima está apresentado no Quadro 6 e no Gráfico 2 a seguir.

Quadro 6 - Perfil da Linha D'Água - Vazão Mínima

Ponto	L (m)	Z (m)	Y (m)	Área (m²)	Rh (m)	V (m/s)	E (m)	J (m/m)	Fr	Tr (N/m²)
0	0,0	0,000	0,220	0,198	0,148	0,4956	0,232	0,00166	0,34	0,00
1	0,1	0,000	0,220	0,198	0,148	0,4959	0,232	0,00167	0,34	0,00
2	0,2	0,000	0,220	0,198	0,148	0,4963	0,232	0,00167	0,34	0,00
3	0,2	0,000	0,219	0,197	0,147	0,4966	0,232	0,00167	0,34	0,00
4	0,3	0,000	0,219	0,197	0,147	0,4970	0,232	0,00168	0,34	0,00
5	0,4	0,000	0,219	0,197	0,147	0,4973	0,232	0,00168	0,34	0,00
6	0,5	0,000	0,219	0,197	0,147	0,4977	0,232	0,00168	0,34	0,00
7	0,6	0,000	0,219	0,197	0,147	0,4980	0,231	0,00169	0,34	0,00
8	0,6	0,000	0,219	0,197	0,147	0,4984	0,231	0,00169	0,34	0,00
9	0,7	0,000	0,219	0,197	0,147	0,4987	0,231	0,00169	0,34	0,00
10	0,8	0,000	0,218	0,197	0,147	0,4991	0,231	0,00170	0,34	0,00
11	0,9	0,000	0,218	0,196	0,147	0,4994	0,231	0,00170	0,34	0,00
12	1,0	0,000	0,218	0,196	0,147	0,4998	0,231	0,00170	0,34	0,00
13	1,0	0,000	0,218	0,196	0,147	0,5001	0,231	0,00171	0,34	0,00
14	1,1	0,000	0,218	0,196	0,147	0,5005	0,230	0,00171	0,34	0,00
15	1,2	0,000	0,218	0,196	0,147	0,5008	0,230	0,00172	0,34	0,00
16	1,3	0,000	0,217	0,196	0,147	0,5012	0,230	0,00172	0,34	0,00
17	1,4	0,000	0,217	0,196	0,147	0,5015	0,230	0,00172	0,34	0,00
18	1,4	0,000	0,217	0,195	0,146	0,5019	0,230	0,00173	0,34	0,00
19	1,5	0,000	0,217	0,195	0,146	0,5023	0,230	0,00173	0,34	0,00
20	1,6	0,000	0,217	0,195	0,146	0,5026	0,230	0,00173	0,34	0,00
21	1,7	0,000	0,217	0,195	0,146	0,5030	0,230	0,00174	0,35	0,00
22	1,8	0,000	0,216	0,195	0,146	0,5034	0,229	0,00174	0,35	0,00
23	1,8	0,000	0,216	0,195	0,146	0,5037	0,229	0,00174	0,35	0,00
24	1,9	0,000	0,216	0,195	0,146	0,5041	0,229	0,00175	0,35	0,00
25	2,0	0,000	0,216	0,194	0,146	0,5045	0,229	0,00175	0,35	0,00

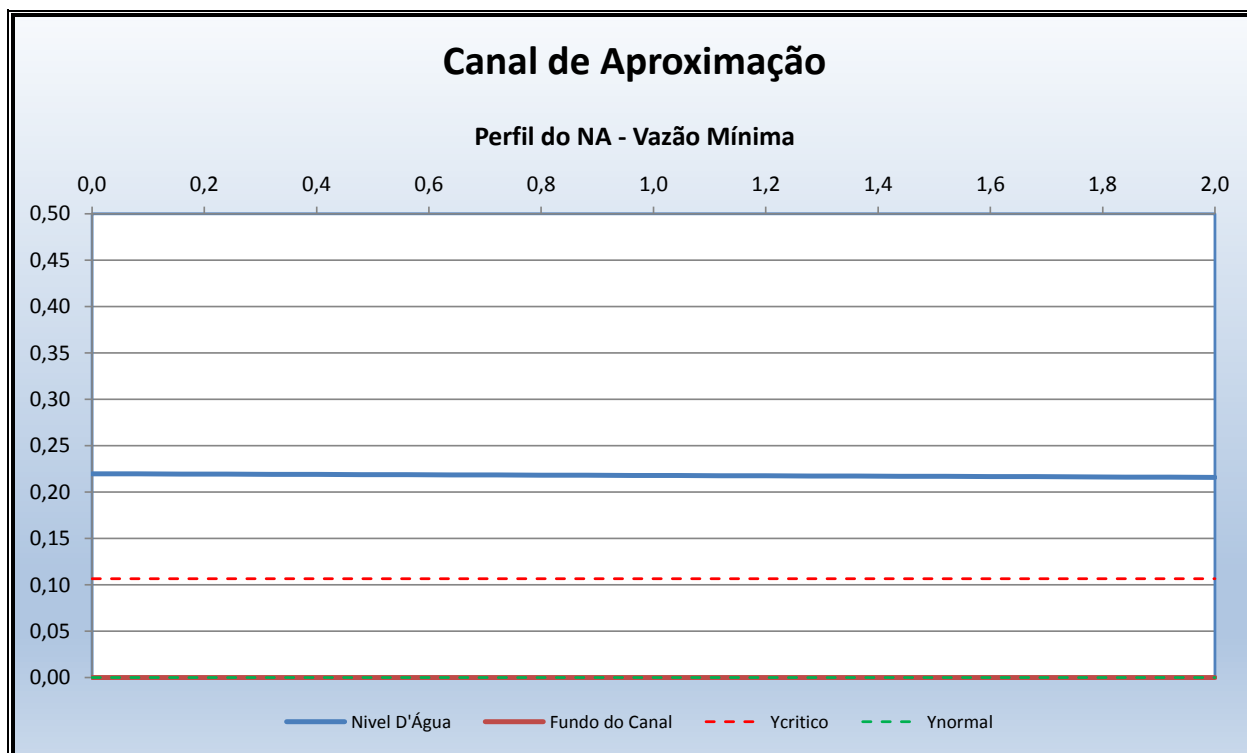


Gráfico 2 - Perfil da Linha D'Água - Vazão Mínima

As velocidades do escoamento no canal, para a vazão máxima, são:

Velocidade mínima 0,677 m/s

Velocidade máxima 0,685 m/s

E, as velocidades do escoamento no canal, para a vazão mínima, são:

Velocidade mínima 0,496 m/s

Velocidade máxima 0,505 m/s

3.2.2 Velocidade do Escoamento na Grade

As velocidades pelas barras, quando limpas, serão:

$$V = \frac{V_c}{E} = \frac{0,496}{0,76} = 0,65 \text{ m/s para a vazão mínima e,}$$

$$V = \frac{V_c}{E} = \frac{0,685}{0,76} = 0,90 \text{ m/s para a vazão máxima.}$$

3.2.3 Cálculo das Perdas de Carga na grade

A perda de carga na grade foi calculada pela fórmula de Metcalf & Eddy.

$$h_f = 1,43 \frac{(V^2 - v^2)}{2 \times g}, \text{ onde:}$$

h_f = perda de carga (m);

V = velocidade através das barras;

v = velocidade a montante da grade = $V.E$ (E = eficiência);

g = aceleração da gravidade (m/s^2).

Na vazão máxima e com a grade limpa,

$$h_f = 1,43 \cdot \frac{0,90^2 - 0,685^2}{2 \times 9,81} = 0,0248 \text{ m } (\cong 2,5 \text{ cm})$$

Na vazão máxima e com a grade 50% suja,

$$h_f = 1,43 \cdot \frac{1,80^2 - 0,685^2}{2 \times 9,81} = 0,2019 \text{ m } (\cong 20,2 \text{ cm})$$

3.3 MEDIDOR PARSHALL

Para medição das vazões afluentes foi projetado um medidor de vazões do tipo Calha Parshall com as seguintes características:

- Garganta 1'
- Vazão mínima 3,11 L/s
- Vazão máxima 455,6 L/s

As lâminas a montante da garganta, calculadas pela expressão $Q = 0,657 \times H^{1,276}$, são:

Quadro 7 - Alturas das lâminas a montante da Parshall

Vazão (L/s)	Lâmina (m)
98,1 (mínima)	0,2253
245,2 (máxima)	0,4619

Para garantir menor amplitude na variação das velocidades que deverão ocorrer quando das vazões mínima e máxima, o medidor Parshall deverá ser instalado rebaixado em relação à soleira do fundo do canal de saída do Tratamento Preliminar.

O rebaixo é calculado pela expressão:

$$\frac{Q_{\min}}{Q_{\max}} = \frac{H_{\min} - R}{H_{\max} - R}, \text{ onde:}$$

R	altura do rebaixo (m)
Q _{mín}	98,1 L/s
Q _{máx}	245,2 L/s
H _{mín}	22,53 cm
H _{máx}	46,19 cm

Substituindo-se os valores, tem-se:

$$\frac{60}{115} = \frac{23,90 - R}{36,60 - R}, \text{ donde } R = 6,75 \text{ cm (considerado } \mathbf{R = 10,0 \text{ cm}})$$

4 ESTAÇÃO ELEVATÓRIA FINAL - EFI

Para o transporte dos esgotos afluentes à ETE de São Lourenço, é necessária uma Elevatória Final de Esgotos Brutos, a ser implantada no final do interceptor já implantado. A EFI receberá os efluentes do Tratamento Preliminar e recalcará para a caixa de divisão de vazões do Reator Anaeróbio.

Na sua concepção considerou-se o recalque através de dois conjuntos motobomba operando em paralelo, tendo sido prevista, ainda, a implantação de um terceiro conjunto para rodízio e/ou reserva.

4.1 CARACTERÍSTICAS DA IMPLANTAÇÃO

Cota de implantação da elevatória	863,00 m
Cota da soleira do canal de entrada	859,09 m
Cota do fundo do poço de sucção	856,40 m
Cota do NA mínimo no poço de sucção	857,45 m
Cota do NA máximo no poço de sucção	859,85 m
Cota do eixo da tubulação de recalque	862,25 m

4.1.1 Vazões de Contribuição

As vazões afluentes na EFI estão apresentadas no Quadro 8 a seguir.

Quadro 8 – EFI: Vazões Afluentes

Característica	Vazões (L/s)
Mínimas	98,07
Médias	154,66
Máximas	245,20

4.1.2 Vazão de Recalque

A vazão máxima afluente à EFI será $Q = 245,20$ L/s. Para o dimensionamento da elevatória, considerou-se uma vazão mínima de 250,0 L/s, de forma que o extravasamento de esgotos na elevatória ocorra apenas em situações emergenciais como manutenção e/ou falta de energia elétrica.

4.1.3 Dimensionamento do Poço de Sucção

O poço de sucção foi dimensionado para receber três conjuntos motobomba submersíveis sendo um para reserva/rodízio.

A determinação do volume útil necessário levou em consideração o tempo mínimo de ciclo de funcionamento de 10 minutos, conforme recomendação da norma T.235/0 da COPASA. Assim, o volume útil mínimo para a EFI será:

- Vazão de uma bomba $Q_{1b} = 125 \text{ L/s} = 7,5 \text{ m}^3/\text{min}$
- Vazão de duas bombas $Q_{2b} = 250 \text{ L/s} = 15,0 \text{ m}^3/\text{min}$

$$V = 2,5 \times Q_{1b} + 0,98 \times Q_{2b} = 2,5 \times 7,5 + 0,98 \times 15,0 = 33,45 \text{ m}^3$$

O cálculo da área transversal do poço levou em consideração a altura útil mínima recomendada na norma T.235/0 da COPASA ($H_u \geq 0,60 \text{ m}$). Adotando-se $H_u = 1,20 \text{ m}$, a área mínima necessária será de $27,88 \text{ m}^2$, tendo-se optado pela implantação de um poço de sucção com as seguintes características:

Área em planta:

- Seção retangular
- Comprimento 5,60 m
- Largura 5,00 m
- Área das três câmaras 28,00 m²

Volume do Poço de Sucção:

- Cota do NA mínimo 857,45 m
- Cota do NA máximo (com frequência reduzida) 858,65 m
- Altura útil 1,20 m
- Área total 28,00 m²
- Volume útil 33,60 m³

4.1.4 Determinação das Curvas do Sistema

Para a determinação das curvas do sistema foi utilizada a seguinte equação:

$$H_m = H_g + H_d + \sum H_l, \text{ sendo,}$$

H_m Altura Manométrica (mca)

H_g Desnível geométrico (m)

H_d Perda de carga distribuída ao longo da linha de recalque (mca)

$\sum H_l$ Somatória das Perdas de carga localizadas nas conexões da instalação e da linha de recalque (mca)

4.1.4.1 Desnível Geométrico (Hg)

– Cota do NA mínimo no poço de sucção	857,45 m
– Cota do NA máximo no poço de sucção	858,85 m
– Cota do NA máximo na CDV-1	873,40 m
– <u>Desnível geométrico máximo</u>	15,95 m
– <u>Desnível geométrico mínimo</u>	13,55 m

4.1.4.2 Características da tubulação de recalque

A linha de recalque da elevatória EFI deverá ser implantada com tubos de ferro fundido para esgoto, revestido internamente com argamassa de cimento aluminoso. A extensão total da linha de recalque é de 72 m, contados a partir dos conjuntos motobomba.

Para o dimensionamento da linha de recalque utilizou-se o modelo de Bresser como referência para a determinação do diâmetro comercial, ou seja: $D = K\sqrt{Q}$; a velocidade mínima recomendada nas normas T.235/0 da COPASA e NBR 12208 da ABNT – $V \geq 0,60$ m/s; e, o diâmetro nominal mínimo de 75 mm para promover melhores condições operacionais da unidade.

Considerando-se $K = 1$ e $Q = 250$ L/s, o diâmetro econômico é $D = 500$ mm, tendo-se adotado, para a linha de recalque, uma tubulação de Ferro Fundido, DN 500 mm – diâmetro interno DI = 518 mm.

A velocidade na linha de recalque, para a vazão de 250 L/s, será $V = 1,19$ m/s, enquanto que, para a vazão de 125 L/s (apenas um conjunto em funcionamento), será $V = 0,59$ m/s $\approx 0,60$ m/s.

Em seguida estão resumidas as principais características da linha de recalque:

– Material	ferro fundido, esgoto
– Diâmetro Nominal	500 mm
– Diâmetro Interno	518 mm
– Extensão	72,0 m
– Rugosidade equivalente (k)	0,1 mm

4.1.4.3 Perda de Carga Distribuída na Linha de Recalque (H_d)

Para a determinação da perda de carga distribuída ao longo da linha de recalque utilizou-se o modelo de Darcy-Weisbach, o modelo de Colebrook-White e a equação da continuidade, conforme formulação apresentada.

Fórmula Universal de Darcy-Weisbach $H_d = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{U^2}{2g}$

Equação da Continuidade $Q = U \cdot A$

Modelo de Colebrook-White $\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log \left(\frac{k}{3,7 \cdot D} + \frac{2,51}{\text{Re} \cdot \sqrt{f}} \right)$

Sendo:

H_d Perda de carga distribuída (mca)

f Fator de atrito de Darcy

L Extensão de tubulação (m)

D Diâmetro interno da tubulação (m)

U Velocidade do escoamento no interior da tubulação (m/s)

g Aceleração da gravidade (= 9,81 m/s²)

Q Vazão transportada (m³/s)

A Área da seção transversal interna da tubulação (m²)

k Rugosidade equivalente da parede interna do tubo (m)

Re Número de Reynolds ($Re = \frac{U \cdot D}{\nu}$)

ν Viscosidade cinemática da água (= 1,0 x 10⁻⁶ m²/s)

4.1.4.4 Perda de Carga Localizada (H_L)

A perda de carga localizada foi calculada somando-se o valor da perda para cada conexão da instalação de recalque, conforme apresentado no Quadro 9, utilizando-se os respectivos coeficientes “K” de perda localizada.

Quadro 9 – EFI: Conexões da Instalação de Recalque

Local	Conexão	DN (mm)	Qtd	Valor de K	Soma de K
Poço (Tr.1)	Curva 90°	200	1	0,40	0,40
	Ampliação	200x250	1	0,30	0,30
Poço (Tr.2)	Ampliação	250x400	1	0,30	0,30
Poço (Tr.3)	Curva 90	400	1	0,40	0,40
	Válvula de Retenção	400	1	2,50	2,50
	Válvula de Gaveta	400	1	0,20	0,20
	Tê Saída Lateral	400x500	1	1,30	1,30
Barrilete (Tr.4)	Tê de Passagem	500	2	0,60	1,20
Recalque (Tr.4)	Curva 45°	500	2	0,42	0,40
	Curva 90°	500	1	0,40	0,40
	Saída	500	1	1,00	1,00

A soma dos valores de K, para cada trecho, está apresentada a seguir.

- Trecho 1 (Ø200 mm) 0,70
- Trecho 2 (Ø250 mm) 0,30
- Trecho 3 (Ø400 mm) 4,40
- Trecho 4 (Ø500 mm) 3,00

Para o cálculo da perda de carga de cada conexão utilizou-se a fórmula $h_L = K \cdot \frac{U^2}{2 \cdot g}$, que,

para sua composição na curva do sistema pode ser escrita em função da vazão, ou seja,

$$h_L = \frac{8 \cdot K}{g \cdot \pi^2 \cdot D^4} \times Q^2.$$

4.1.5 Conjunto Motobomba

As características do conjunto motobomba são apresentadas a seguir:

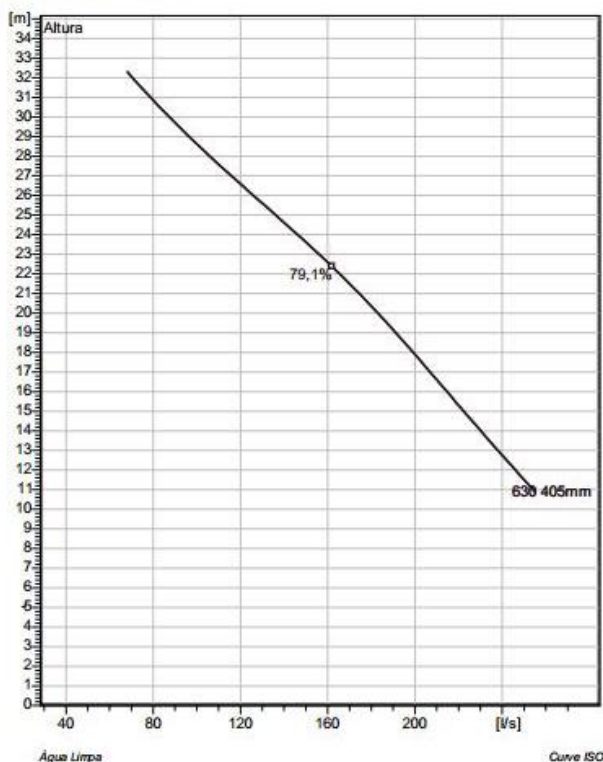
- Marca Flygt
- Modelo CP 3231/605 3~ 630
- Potência Nominal 67,1 kW
- Rotação 1.185 rpm
- Diâmetro da descarga 200 mm
- Diâmetro do rotor 405 mm
- Momento de inércia 1,632 kg.m²
- Tensão de alimentação 220 V

4.1.5.1 Folha de Dados

A folha de dados do equipamento de referência, incluindo as curvas características e os desenhos dimensionais são apresentados a seguir.



CP 3231/605 3~ 630 Technical specification



Note: Picture might not correspond to the current configuration.

General

Shrouded single or multi-channel impeller pumps with large throughlets and single volute pump casing for liquids containing solids and fibres. Cast iron design with double sealing technology.

Impeller

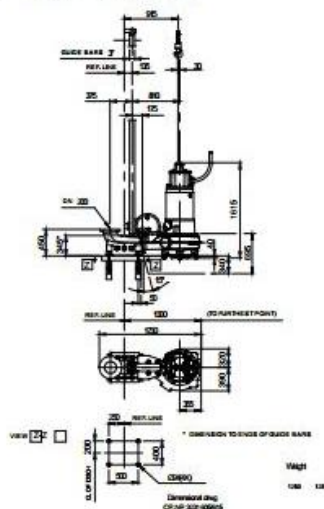
Impeller material	Grey cast iron
Discharge Flange Diameter	200 mm
Inlet diameter	250 mm
Impeller diameter	405 mm
Number of blades	2
Throughlet diameter	88 mm

Motor

Motor #	C0605.000 35-29-6AA-W 90hp
Variante do estator	7
Frequência	60 Hz
Tensão nominal	220 V
Número de polos	6
Fases	3~
Potência nominal	67,1 kW
Corrente nominal	240 A
Corrente de partida	1430 A
Velocidade nominal	1185 1/min
Fator de potência	
1/1 Load	0,81
3/4 Load	0,76
1/2 Load	0,66
Rendimento	
1/1 Load	91,0 %
3/4 Load	91,5 %
1/2 Load	91,0 %

Configuração

Installation: P - Semi permanent, Wet



Projeto	Projeto ID	Criado por	Criado em	Última atualização
			2015-10-05	



CP 3231/605 3~ 630

Curva de desempenho



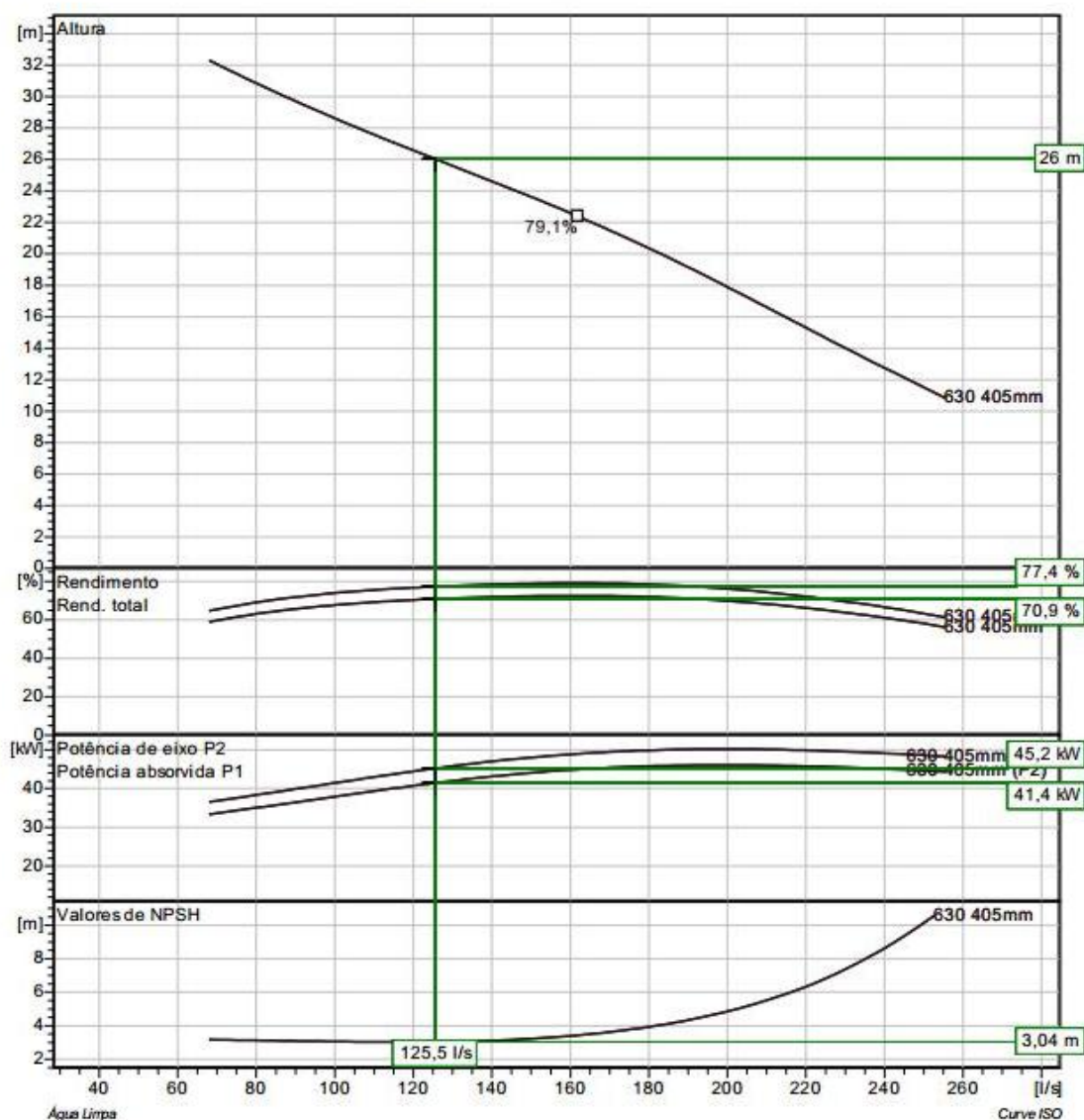
Bomba

Discharge Flange Diameter	200 mm
Inlet diameter	250 mm
Impeller diameter	405 mm
Number of blades	2
Throughlet diameter	88 mm

Motor

Motor #	C0605.000 35-29-6AA-W 90hp
Stator variant	7
Frequência	60 Hz
Rated voltage	220 V
Número de pólos	6
Fases	3~
Potência nominal	67,1 kW
Corrente nominal	240 A
Corrente de partida	1430 A
Velocidade nominal	1185 1/min

Fator de potência	
1/1 Load	0,81
3/4 Load	0,76
1/2 Load	0,66
Rendimento	
1/1 Load	91,0 %
3/4 Load	91,5 %
1/2 Load	91,0 %



Projeto	Projeto ID	Criado por	Criado em	Última atualização
			2015-10-05	

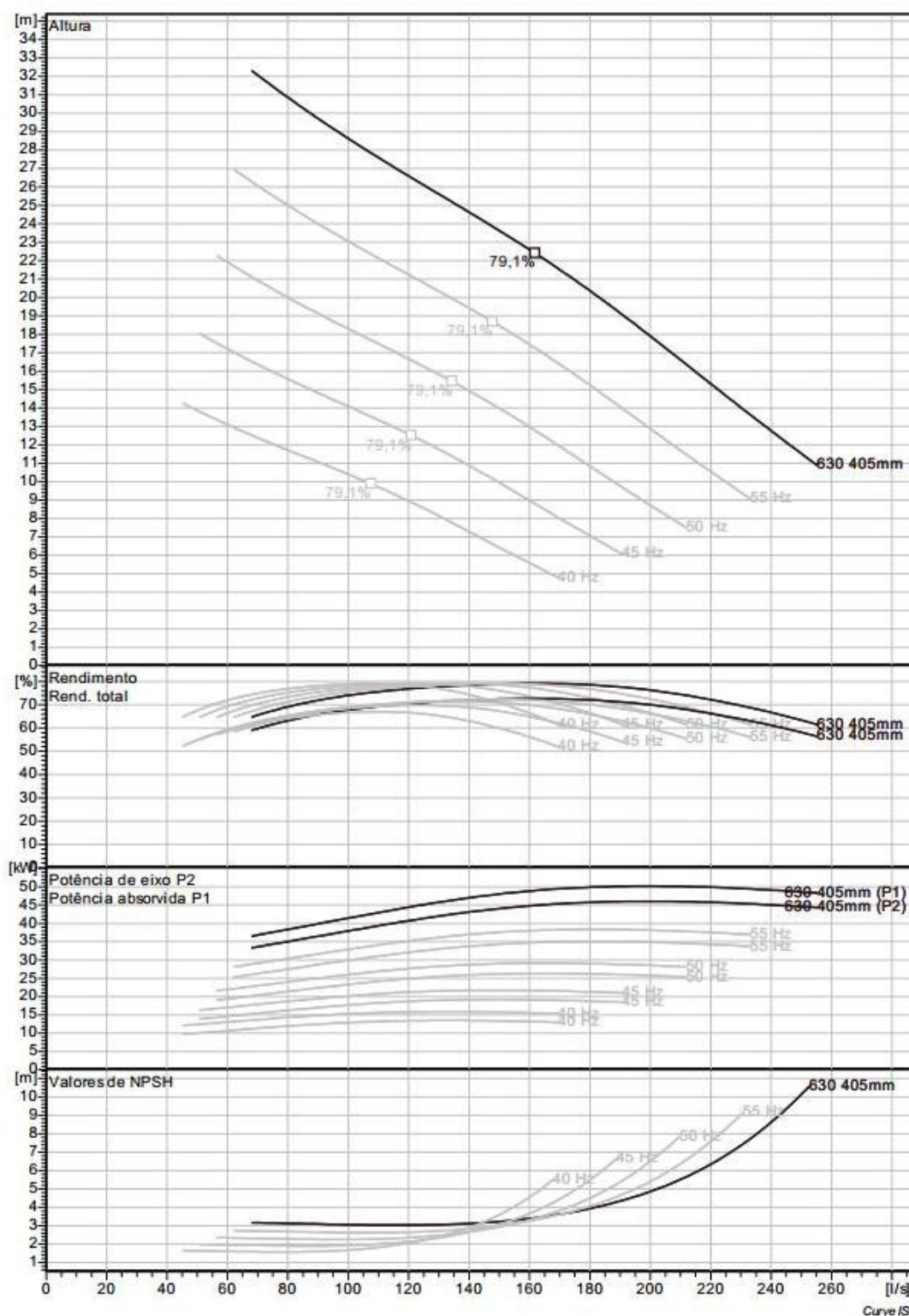


Pumps running /System	Individual pump			Total					
	Flow	Head	Shaft power	Flow	Head	Shaft power	Pump eff.	Specific energy	NPSHre
2 / 1	126 l/s	26 m	41,4 kW	251 l/s	26 m	82,9 kW	77,4 %	0,1 kWh/m³	3,04 m
1 / 1	152 l/s	23,5 m	44,2 kW	152 l/s	23,5 m	44,2 kW	79 %	0,0887 kWh/m³	3,25 m

Projeto	Projeto ID	Criado por	Criado em	Última atualização
			2015-10-05	



CP 3231/605 3~ 630
VFD Curve

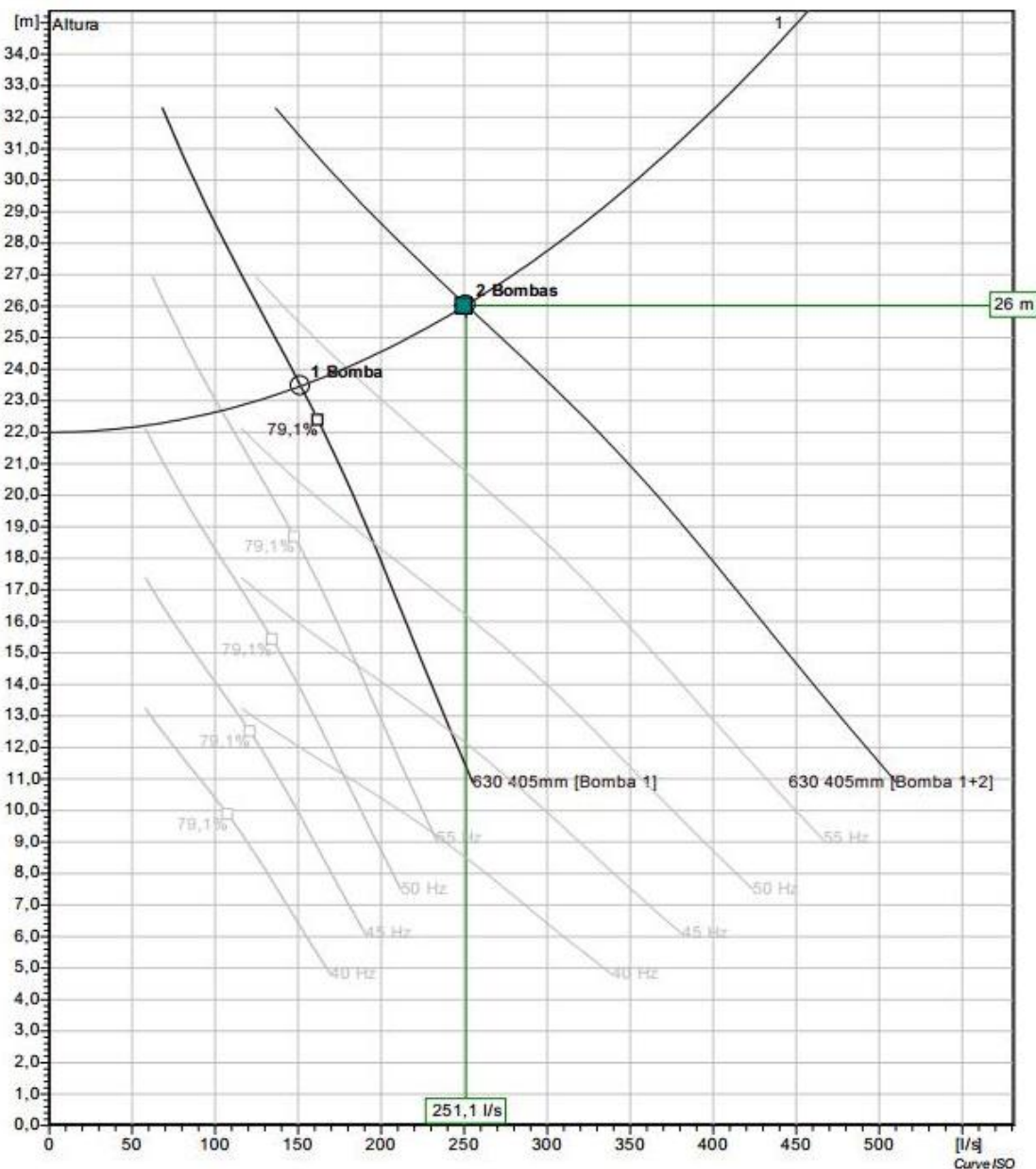


Projeto	Projeto ID	Criado por	Criado em	Última atualização
			2015-10-05	



CP 3231/605 3~ 630

VFD Analysis



Pumps running /System	Frequency	Flow	Head	Shaft power	Flow	Head	Shaft power	Hyd. eff.	Specific energy	NPSH _{re}
2 / 1	60 Hz	126 l/s	26 m	41,4 kW	251 l/s	26 m	82,9 kW	77,4 %	0,1 kWh/m ³	3,04 m
2 / 1	55 Hz	89,4 l/s	24 m	28,7 kW	179 l/s	24 m	57,3 kW	73,6 %	0,0981 kWh/m ³	2,65 m
2 / 1	50 Hz									
2 / 1	45 Hz									
2 / 1	40 Hz									
1 / 1	60 Hz	152 l/s	23,5 m	44,2 kW	152 l/s	23,5 m	44,2 kW	79 %	0,0887 kWh/m ³	3,25 m
1 / 1	55 Hz	104 l/s	22,7 m	30,4 kW	104 l/s	22,7 m	30,4 kW	76,1 %		2,62 m
1 / 1	50 Hz									
1 / 1	45 Hz									
1 / 1	40 Hz									

Projeto	Projeto ID	Criado por	Criado em	Última atualização
			2015-10-05	



Technical drawing of the CPNP 3231 605615 pump assembly, showing dimensions in millimeters (mm).

Front View Dimensions:

- Overall width: 915
- Guide bars: 3"
- Reference line (REF. LINE) to center: 135
- Distance from REF. LINE to center of discharge: 375
- Distance from center of discharge to center of pump: 810
- Distance from center of pump to end of guide bars: 175
- Distance from REF. LINE to end of guide bars: 30
- Distance from REF. LINE to center of pump: 1615
- Distance from REF. LINE to end of pump: 695
- Distance from REF. LINE to center of pump: 345*
- Distance from REF. LINE to end of pump: 340
- Distance from REF. LINE to end of pump: 40
- Distance from REF. LINE to end of pump: 15°
- Distance from REF. LINE to end of pump: 50

Side View Dimensions:

- Overall width: 1730
- Distance from REF. LINE to center of pump: 1300 (TO FURTHEST POINT)
- Distance from REF. LINE to center of pump: 355
- Distance from REF. LINE to center of pump: 320
- Distance from REF. LINE to center of pump: 390

Detail View Dimensions:

- Distance from REF. LINE to center of pump: 250
- Distance from REF. LINE to center of pump: 400
- Distance from REF. LINE to center of pump: 500
- Distance from REF. LINE to center of pump: (224(4X))

Other Dimensions:

- DN 200
- CL OF DISCH
- 200

Notes:

- * DIMENSION TO ENDS OF GUIDE BARS
- Dimensional chg CPNP 3231 605615

1250 125

43

4.1.6 Ponto Operacional

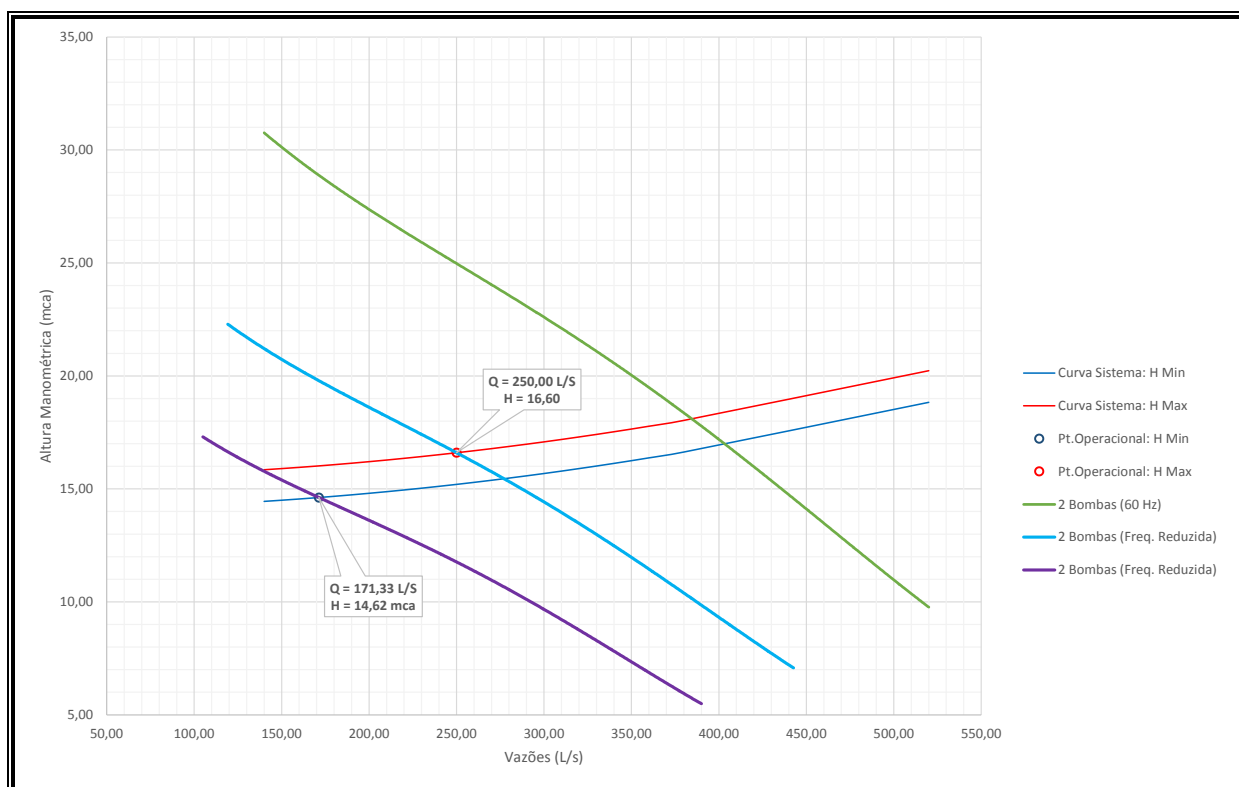


Figura 1 – EFI: Ponto Operacional

2 Bombas, Hg Máximo, ≈ 51 Hz

Vazão 250,00 L/s
 Manométrica 16,60 mca
 Rendimento 68,4%
 Potência 2 x 40,1 cv

2 Bombas, Hg Mínimo, ≈ 45 Hz

Vazão 171,33 L/s
 Manométrica 14,62 mca
 Rendimento 65,2%
 Potência 2 x 25,1 cv

2 Bombas em funcionamento (Ponto médio) – 60 Hz

Vazão 394,24 L/s
 Manométrica 17,53 mca
 Rendimento 67,5%
 Potência 2 x 68,5 cv

4.1.7 Verificação dos Tempos de Ciclo das bombas

Segundo recomendações da COPASA, o tempo de ciclo deve ser superior a 10 minutos (um número máximo de 6 partidas para cada conjunto no intervalo de uma hora). O tempo de ciclo é dado pela seguinte expressão:

$$T_c = TS + TD, \text{ onde:}$$

TS - tempo de subida do nível de esgoto no poço de sucção até a situação de acionamento da bomba;

TD - tempo de descida do nível de esgoto no poço de sucção até a situação de desligamento da bomba.

Esses tempos são dados pelas seguintes expressões:

$$TS = \frac{V}{Q_a} \quad TD = \frac{V}{Q_b - Q_a}$$

Sendo:

V = volume útil do poço de sucção (m³);

Q_a = vazão afluyente (m³/s);

Q_b = vazão de recalque do conjunto selecionado (m³/s).

O Quadro 10 a seguir apresenta os tempos de ciclo na EFI para as vazões de início e de fim de plano, considerando-se:

Vazão média da bomba	154,66 L/s
Volume útil do poço de sucção	33,60 m ³
Vazão de 1 bomba	125 L/s
Vazão de 2 bombas	250 L/s

Quadro 10 – EFI: Tempos de Ciclo

Vazões Afluentes			Tempo Subida (min)	Tempo Descida (min)	Tempo Ciclo (min)	Nr. Partidas p/ hora
Situação	L/s	m ³ /min				
Mínima	98,07	5,8842	5,71	3,74	9,45	6,35
Média	154,66	9,2796	3,62	6,11	9,73	6,16
Máxima	245,20	14,7120	2,34	116,67	119,00	0,50

Ressalta-se que os tempos de ciclo calculados no Quadro 10 ocorrem apenas no início de funcionamento da elevatória, uma vez que o inversor de frequências mantém a unidades com seus conjuntos operando continuamente, variando as rotações dos motores e consequentemente a vazão de recalque.

4.1.8 Verificação do Tempo de Detenção

O tempo de detenção máximo, de acordo com as recomendações da NBR 12.218 da ABNT é de 30 minutos. Na elevatória em questão, o tempo de detenção no poço de sucção foi calculado conforme se segue.

$$T_d = \frac{V_{ef}}{Q_{mip}}, \text{ sendo:}$$

T_d Tempo de detenção (min)

V_{ef} Volume efetivo (m^3)

Q_{mip} Vazão média (m^3/min)

Assim, para:

- Volume referente ao nível de esgoto médio $2,35 \times 28,00 = 65,80 \text{ m}^3$
- Volume de enchimento $6,60 \text{ m}^3$
- Volume efetivo $59,20 \text{ m}^3$
- Vazão média $9,2796 \text{ m}^3/min$ ($154,66 \text{ L/s}$)

O tempo de detenção da elevatória será $T_d = 6,38$ minutos

4.1.9 Verificação das Velocidades na Linha de Recalque

A linha de recalque da EFI foi projetada com DN 500 mm, diâmetro interno de Ø518 mm. As velocidades do efluente recalcado, para os pontos operacionais de desnível geométrico mínimo e máximo estão apresentadas a seguir.

Para operação com frequência aproximada de 51 Hz

Vazão $250,00 \text{ L/s}$

Velocidade $1,19 \text{ m/s}$

Para operação com frequência aproximada de 45 Hz

Vazão $171,33 \text{ L/s}$

Velocidade $0,81 \text{ m/s}$

Nos barrilete de cada bomba, o diâmetro é DN 400 mm e o DI Ø416,4 mm. As velocidades do efluente recalcado, para os pontos operacionais de desnível geométrico mínimo e máximo estão apresentadas a seguir.

Para operação com frequência aproximada de 51 Hz

Vazão $125,00 \text{ L/s}$

Velocidade $0,92 \text{ m/s}$

Para operação com frequência aproximada de 45 Hz

Vazão	85,67 L/s
Velocidade	0,41 m/s

4.1.10 Verificação dos Transientes Hidráulicos

O estudo dos transientes hidráulicos foi realizado através da modelagem da linha de recalque pelo Método das Características, para a solução das equações diferenciais que governam o escoamento transitório na tubulação, incorporando-se, ainda, o Modelo Discreto de Cavidades de Gás, cujas equações estão apresentadas a seguir.

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{a^2}{gA} \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + gA \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{f}{2DA} |Q|Q = 0$$

$$\frac{\partial V_g}{\partial t} = Q_{sai} - Q_{entra}$$

4.1.10.1 Avaliação das pressões sem dispositivos de proteção

Dados de entrada

Vazão do escoamento no regime permanente	250 L/s
Extensão da Adutora de Recalque	72 m
Diâmetro interno da tubulação	518 mm
Velocidade do escoamento no regime permanente	1,19 m/s
Material da tubulação	FoFo
Coeficiente “k” de rugosidade dos tubos	0,1 mm
Perda de carga unitária	J = 0,00209 m/m
Número de subtrechos estudados	150
Comprimento de cada subtrecho	0,48 m
Número de nós de dados	151
Espessura da parede dos tubos	7,0 mm
Celeridade de propagação da onda	1.070,14 m/s
Período da linha (tempo de ida e volta da onda)	0,1346 s
Intervalo de incremento de tempo para estudo	0,0004 s
Período de tempo de análise dos transientes	60 s
Quantidade de bombas em paralelo	2 bombas
Frequência de funcionamento dos conjuntos	51 Hz

Vazão por bomba	125 L/s
Altura manométrica do sistema	16,0 m
Carga hidráulica a montante da bomba	0,84 mca
Cota de instalação da(s) bomba(s)	857,80 m
Rendimento dos conjuntos motobomba	68%
Potência consumida	40,1 cv
Rotação do motor	1.185 rpm
Momento de Inércia do conjunto motobomba	1,63 kg.m ²

Avaliação das pressões

A avaliação das pressões transientes foi realizada para a situação de 2 (duas) bombas operando em paralelo, $Q = 200$ L/s. O resultado das simulações está resumido no Gráfico 3, que mostra as envoltórias das pressões transientes ao longo da linha e os volumes de cavidade que ocorrem devido às subpressões.

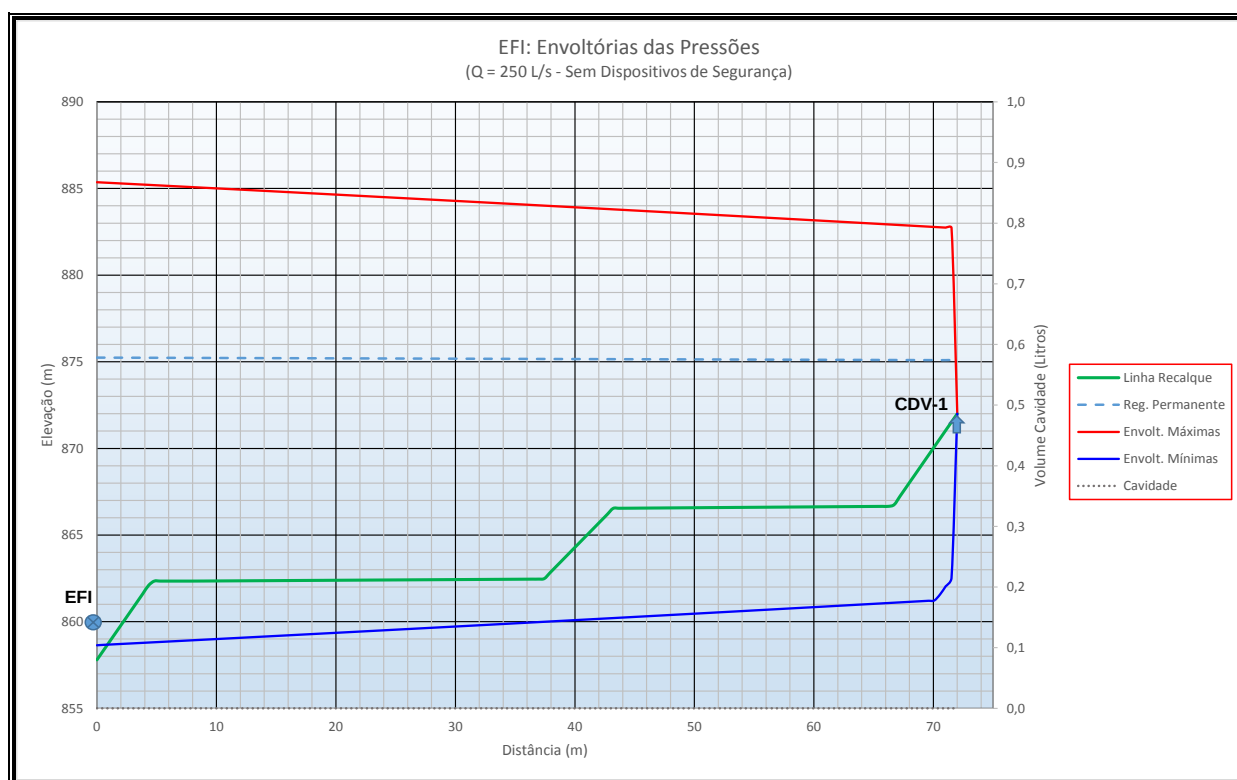


Gráfico 3: EFI - Envoltórias das Pressões (Sem Dispositivos de Proteção)

A simulação dos transientes hidráulicos que ocorrerão na linha de recalque em decorrência de uma falta de energia elétrica na elevatória final de esgotos EFI, permitiu avaliar os parâmetros apresentados a seguir.

Pressões Máximas

A pressão máxima ocorrerá na saída dos conjuntos motobomba, com valor de aproximadamente 27,56 mca. De acordo com o “Catálogo Saint-Gobain Canalizações”, para resistir a esta pressão, devem ser utilizadas conexões flangeadas com pressão nominal de PN 10, cuja PMS (pressão máxima de serviço), para tubulações de diâmetros entre 350 e 1200 mm, é de 1,2 MPa, ou seja, 120 mca.

A tubulação de ferro fundido, com bolsas de junta elástica, DN 500 mm e classe de pressão K7, possui um limite de resistência às pressões máximas de serviço de 3,3 MPa, ou seja, 330 mca, suficiente para resistir às pressões transientes no início da adutora.

Pressões Mínimas

A pressão mínima observada nos estudos foi de -9,00 mca, correspondente à pressão de vaporização da água no local. Esta pressão indica a possibilidade de ocorrência de cavitação no interior da tubulação. A situação crítica foi identificada nas proximidades da CDV-1.

A pressão de colapso da tubulação foi calculada pela fórmula:

$$P_c = \frac{2E}{1-\lambda^2} \left(\frac{e}{D} \right)^3, \text{ sendo:}$$

- P_c Pressão de colapso (kg/cm²), para subpressão.
 E Módulo de elasticidade do material do tubo (kg/cm²)
 e Espessura do tubo (mm)
 D Diâmetro do tubo (mm)
 λ Módulo de Poisson

Para a tubulação de ferro dúctil, tem-se:

E		17x10 ⁵ kg/cm ²
λ		0,28
DN 500		$e = 7$ mm
DN 500		$D_i = 518$ mm
P_c		9,1 kg/cm ²

A ovalização máxima admissível em tubulações de ferro dúctil, conforme recomendações da PAM Saint-Gobain, é de 1%. Esse percentual de ovalização pode reduzir em até 25% a pressão de colapso de uma tubulação, ou seja, para o DN 500 mm, $P_c = 6,83$ kg/cm² $\approx$ 68,3 mca.

Haja visto que a pressão mínima a que estará sujeita será de 9 mca (negativa), a tubulação de ferro dúctil resistirá, com segurança, às subpressões.

Válvula de Retenção

A válvula de retenção deverá fechar aproximadamente 1,72 s após o corte da energia elétrica, quando estima-se que a vazão no nó de cálculo ficará negativa, ou seja, quando ocorrerá a reversão do fluxo.

Resultados da Simulação

Os valores das pressões máximas e mínimas em cada seção de cálculo da adutora de recalque da EFI são apresentados no Quadro 11 a seguir.

Quadro 11 – EFI: Resultado do Estudo dos Transientes

Nó	Distância	Cond. Contorno	Cota Tubo (m)	Piez. Reg. Permanente (m)	Piez. Máximas (m)	Pressões Máximas (mca)	Piez. Mínimas (m)	Pressões Mínimas (mca)	Vol. Cavidade (L)	Trecho
1	0,00	CMB	857,80	875,24	885,36	27,56	858,64	0,84	0,00	1
2	0,48		858,28	875,24	885,34	27,07	858,66	0,38	0,00	1
3	0,96		858,75	875,24	885,33	26,57	858,68	-0,08	0,00	1
4	1,44		859,23	875,24	885,31	26,08	858,70	-0,54	0,00	1
5	1,92		859,71	875,24	885,29	25,59	858,71	-1,00	0,00	1
6	2,40		860,19	875,24	885,28	25,09	858,73	-1,46	0,00	1
7	2,88		860,66	875,23	885,26	24,60	858,75	-1,92	0,00	1
8	3,36		861,14	875,23	885,24	24,10	858,76	-2,38	0,00	1
9	3,84		861,62	875,23	885,23	23,61	858,78	-2,84	0,00	1
10	4,32		862,09	875,23	885,21	23,12	858,80	-3,30	0,00	1
11	4,80		862,34	875,23	885,19	22,85	858,81	-3,53	0,00	1
12	5,28		862,34	875,23	885,17	22,83	858,83	-3,51	0,00	1
13	5,76		862,34	875,23	885,16	22,81	858,85	-3,50	0,00	1
14	6,24		862,34	875,23	885,14	22,80	858,87	-3,48	0,00	1
15	6,72		862,34	875,23	885,12	22,78	858,88	-3,46	0,00	1
16	7,20		862,34	875,23	885,11	22,76	858,90	-3,44	0,00	1
17	7,68		862,34	875,22	885,09	22,75	858,92	-3,43	0,00	1
18	8,16		862,34	875,22	885,07	22,73	858,93	-3,41	0,00	1
19	8,64		862,35	875,22	885,06	22,71	858,95	-3,40	0,00	1
20	9,12		862,35	875,22	885,04	22,69	858,97	-3,38	0,00	1
21	9,60		862,35	875,22	885,02	22,67	858,99	-3,37	0,00	1
22	10,08		862,35	875,22	885,00	22,65	859,00	-3,35	0,00	1
23	10,56		862,35	875,22	884,99	22,63	859,02	-3,33	0,00	1
24	11,04		862,36	875,22	884,97	22,61	859,04	-3,32	0,00	1
25	11,52		862,36	875,22	884,95	22,59	859,05	-3,30	0,00	1
26	12,00		862,36	875,22	884,94	22,58	859,07	-3,29	0,00	1
27	12,48		862,36	875,21	884,92	22,56	859,09	-3,27	0,00	1

Nó	Distância	Cond. Contorno	Cota Tubo (m)	Piez. Reg. Permanente (m)	Piez. Máximas (m)	Pressões Máximas (mca)	Piez. Mínimas (m)	Pressões Mínimas (mca)	Vol. Cavidade (L)	Trecho
28	12,96		862,36	875,21	884,90	22,54	859,11	-3,26	0,00	1
29	13,44		862,37	875,21	884,88	22,52	859,12	-3,24	0,00	1
30	13,92		862,37	875,21	884,87	22,50	859,14	-3,23	0,00	1
31	14,40		862,37	875,21	884,85	22,48	859,16	-3,21	0,00	1
32	14,88		862,37	875,21	884,83	22,46	859,17	-3,20	0,00	1
33	15,36		862,37	875,21	884,81	22,44	859,19	-3,18	0,00	1
34	15,84		862,37	875,21	884,80	22,42	859,21	-3,17	0,00	1
35	16,32		862,38	875,21	884,78	22,40	859,23	-3,15	0,00	1
36	16,80		862,38	875,21	884,76	22,38	859,24	-3,14	0,00	1
37	17,28		862,38	875,20	884,75	22,37	859,26	-3,12	0,00	1
38	17,76		862,38	875,20	884,73	22,35	859,28	-3,10	0,00	1
39	18,24		862,38	875,20	884,71	22,33	859,30	-3,09	0,00	1
40	18,72		862,39	875,20	884,69	22,31	859,31	-3,07	0,00	1
41	19,20		862,39	875,20	884,68	22,29	859,33	-3,06	0,00	1
42	19,68		862,39	875,20	884,66	22,27	859,35	-3,04	0,00	1
43	20,16		862,39	875,20	884,64	22,25	859,36	-3,03	0,00	1
44	20,64		862,39	875,20	884,62	22,23	859,38	-3,01	0,00	1
45	21,12		862,40	875,20	884,61	22,21	859,40	-3,00	0,00	1
46	21,60		862,40	875,20	884,59	22,19	859,42	-2,98	0,00	1
47	22,08		862,40	875,20	884,57	22,17	859,43	-2,97	0,00	1
48	22,56		862,40	875,19	884,56	22,15	859,45	-2,95	0,00	1
49	23,04		862,40	875,19	884,54	22,13	859,47	-2,93	0,00	1
50	23,52		862,41	875,19	884,52	22,12	859,49	-2,92	0,00	1
51	24,00		862,41	875,19	884,50	22,10	859,50	-2,90	0,00	1
52	24,48		862,41	875,19	884,49	22,08	859,52	-2,89	0,00	1
53	24,96		862,41	875,19	884,47	22,06	859,54	-2,87	0,00	1
54	25,44		862,41	875,19	884,45	22,04	859,56	-2,86	0,00	1
55	25,92		862,41	875,19	884,43	22,02	859,57	-2,84	0,00	1
56	26,40		862,42	875,19	884,42	22,00	859,59	-2,83	0,00	1
57	26,88		862,42	875,19	884,40	21,98	859,61	-2,81	0,00	1
58	27,36		862,42	875,18	884,38	21,96	859,63	-2,79	0,00	1
59	27,84		862,42	875,18	884,36	21,94	859,64	-2,78	0,00	1
60	28,32		862,42	875,18	884,35	21,92	859,66	-2,76	0,00	1
61	28,80		862,43	875,18	884,33	21,90	859,68	-2,75	0,00	1
62	29,28		862,43	875,18	884,31	21,88	859,70	-2,73	0,00	1
63	29,76		862,43	875,18	884,29	21,86	859,71	-2,72	0,00	1
64	30,24		862,43	875,18	884,28	21,84	859,73	-2,70	0,00	1
65	30,72		862,43	875,18	884,26	21,82	859,75	-2,69	0,00	1
66	31,20		862,44	875,18	884,24	21,80	859,77	-2,67	0,00	1
67	31,68		862,44	875,18	884,22	21,79	859,78	-2,65	0,00	1
68	32,16		862,44	875,17	884,20	21,77	859,80	-2,64	0,00	1
69	32,64		862,44	875,17	884,19	21,75	859,82	-2,62	0,00	1
70	33,12		862,44	875,17	884,17	21,73	859,84	-2,61	0,00	1

Nó	Distância	Cond. Contorno	Cota Tubo (m)	Piez. Reg. Permanente (m)	Piez. Máximas (m)	Pressões Máximas (mca)	Piez. Mínimas (m)	Pressões Mínimas (mca)	Vol. Cavidade (L)	Trecho
71	33,60		862,44	875,17	884,15	21,71	859,85	-2,59	0,00	1
72	34,08		862,45	875,17	884,13	21,69	859,87	-2,58	0,00	1
73	34,56		862,45	875,17	884,12	21,67	859,89	-2,56	0,00	1
74	35,04		862,45	875,17	884,10	21,65	859,91	-2,54	0,00	1
75	35,52		862,45	875,17	884,08	21,63	859,92	-2,53	0,00	1
76	36,00		862,45	875,17	884,06	21,61	859,94	-2,51	0,00	1
77	36,48		862,46	875,17	884,05	21,59	859,96	-2,50	0,00	1
78	36,96		862,46	875,16	884,03	21,57	859,98	-2,48	0,00	1
79	37,44		862,49	875,16	884,01	21,52	860,00	-2,49	0,00	1
80	37,92		862,83	875,16	883,99	21,17	860,01	-2,81	0,00	1
81	38,40		863,16	875,16	883,98	20,81	860,03	-3,13	0,00	1
82	38,88		863,50	875,16	883,96	20,46	860,05	-3,45	0,00	1
83	39,36		863,84	875,16	883,94	20,10	860,07	-3,77	0,00	1
84	39,84		864,18	875,16	883,92	19,75	860,08	-4,09	0,00	1
85	40,32		864,51	875,16	883,90	19,39	860,10	-4,41	0,00	1
86	40,80		864,85	875,16	883,89	19,04	860,12	-4,73	0,00	1
87	41,28		865,19	875,16	883,87	18,68	860,14	-5,05	0,00	1
88	41,76		865,53	875,16	883,85	18,32	860,16	-5,37	0,00	1
89	42,24		865,86	875,15	883,83	17,97	860,17	-5,69	0,00	1
90	42,72		866,20	875,15	883,81	17,61	860,19	-6,01	0,00	1
91	43,20		866,54	875,15	883,80	17,26	860,21	-6,33	0,00	1
92	43,68		866,55	875,15	883,78	17,23	860,23	-6,32	0,00	1
93	44,16		866,55	875,15	883,76	17,21	860,24	-6,30	0,00	1
94	44,64		866,55	875,15	883,74	17,19	860,26	-6,29	0,00	1
95	45,12		866,55	875,15	883,73	17,17	860,28	-6,27	0,00	1
96	45,60		866,56	875,15	883,71	17,15	860,30	-6,26	0,00	1
97	46,08		866,56	875,15	883,69	17,13	860,32	-6,24	0,00	1
98	46,56		866,56	875,15	883,67	17,11	860,33	-6,23	0,00	1
99	47,04		866,56	875,14	883,65	17,09	860,35	-6,21	0,00	1
100	47,52		866,57	875,14	883,64	17,07	860,37	-6,19	0,00	1
101	48,00		866,57	875,14	883,62	17,05	860,39	-6,18	0,00	1
102	48,48		866,57	875,14	883,60	17,03	860,41	-6,16	0,00	1
103	48,96		866,57	875,14	883,58	17,01	860,42	-6,15	0,00	1
104	49,44		866,57	875,14	883,56	16,99	860,44	-6,13	0,00	1
105	49,92		866,58	875,14	883,55	16,97	860,46	-6,12	0,00	1
106	50,40		866,58	875,14	883,53	16,95	860,48	-6,10	0,00	1
107	50,88		866,58	875,14	883,51	16,93	860,50	-6,09	0,00	1
108	51,36		866,58	875,14	883,49	16,91	860,51	-6,07	0,00	1
109	51,84		866,59	875,13	883,47	16,89	860,53	-6,05	0,00	1
110	52,32		866,59	875,13	883,46	16,87	860,55	-6,04	0,00	1
111	52,80		866,59	875,13	883,44	16,85	860,57	-6,02	0,00	1
112	53,28		866,59	875,13	883,42	16,83	860,59	-6,01	0,00	1
113	53,76		866,60	875,13	883,40	16,81	860,60	-5,99	0,00	1

Nó	Distância	Cond. Contorno	Cota Tubo (m)	Piez. Reg. Permanente (m)	Piez. Máximas (m)	Pressões Máximas (mca)	Piez. Mínimas (m)	Pressões Mínimas (mca)	Vol. Cavidade (L)	Trecho
114	54,24		866,60	875,13	883,38	16,78	860,62	-5,98	0,00	1
115	54,72		866,60	875,13	883,37	16,76	860,64	-5,96	0,00	1
116	55,20		866,60	875,13	883,35	16,74	860,66	-5,94	0,00	1
117	55,68		866,61	875,13	883,33	16,72	860,68	-5,93	0,00	1
118	56,16		866,61	875,13	883,31	16,70	860,70	-5,91	0,00	1
119	56,64		866,61	875,12	883,29	16,68	860,71	-5,90	0,00	1
120	57,12		866,61	875,12	883,27	16,66	860,73	-5,88	0,00	1
121	57,60		866,62	875,12	883,26	16,64	860,75	-5,87	0,00	1
122	58,08		866,62	875,12	883,24	16,62	860,77	-5,85	0,00	1
123	58,56		866,62	875,12	883,22	16,60	860,79	-5,83	0,00	1
124	59,04		866,62	875,12	883,20	16,58	860,80	-5,82	0,00	1
125	59,52		866,62	875,12	883,18	16,56	860,82	-5,80	0,00	1
126	60,00		866,63	875,12	883,17	16,54	860,84	-5,79	0,00	1
127	60,48		866,63	875,12	883,15	16,52	860,86	-5,77	0,00	1
128	60,96		866,63	875,12	883,13	16,50	860,88	-5,75	0,00	1
129	61,44		866,63	875,12	883,11	16,48	860,90	-5,74	0,00	1
130	61,92		866,64	875,11	883,09	16,46	860,91	-5,72	0,00	1
131	62,40		866,64	875,11	883,07	16,43	860,93	-5,71	0,00	1
132	62,88		866,64	875,11	883,06	16,41	860,95	-5,69	0,00	1
133	63,36		866,64	875,11	883,04	16,39	860,97	-5,68	0,00	1
134	63,84		866,65	875,11	883,02	16,37	860,99	-5,66	0,00	1
135	64,32		866,65	875,11	883,00	16,35	861,01	-5,64	0,00	1
136	64,80		866,65	875,11	882,98	16,33	861,02	-5,63	0,00	1
137	65,28		866,65	875,11	882,96	16,31	861,04	-5,61	0,00	1
138	65,76		866,66	875,11	882,95	16,29	861,06	-5,60	0,00	1
139	66,24		866,66	875,11	882,93	16,27	861,08	-5,58	0,00	1
140	66,72		866,75	875,10	882,91	16,15	861,10	-5,66	0,00	1
141	67,20		867,23	875,10	882,89	15,66	861,12	-6,12	0,00	1
142	67,68		867,71	875,10	882,87	15,16	861,13	-6,57	0,00	1
143	68,16		868,19	875,10	882,85	14,67	861,15	-7,03	0,00	1
144	68,64		868,66	875,10	882,84	14,17	861,17	-7,49	0,00	1
145	69,12		869,14	875,10	882,82	13,68	861,19	-7,95	0,00	1
146	69,60		869,62	875,10	882,80	13,18	861,21	-8,41	0,00	1
147	70,08		870,09	875,10	882,78	12,69	861,23	-8,87	0,00	1
148	70,56		870,57	875,10	882,76	12,19	861,57	-9,00	0,00	1
149	71,04		871,05	875,10	882,74	11,69	862,05	-9,00	0,00	1
150	71,52		871,53	875,09	882,72	11,20	862,53	-9,00	0,00	1
151	72,00	DSC	872,00	875,02	872,08	0,08	872,00	0,00	0,00	1

Condição de Contorno CMB Conjunto motobomba especificado
Condição de Contorno DSC Descarga livre

Considerações

O estudo dos transientes hidráulicos na linha de recalque da EFI mostrou não haver necessidade de utilização de dispositivos especiais para a proteção do sistema de recalque, uma vez que as tubulações e conexões por si são suficientes para resistir às pressões que deverão ocorrer.

4.1.11 Blocos de Ancoragem

Apresenta-se, a seguir, o Quadro 12 com as pressões e os empuxos atuantes em cada bloco de ancoragem previsto no projeto da EFI e sua linha de recalque.

Quadro 12 – EFI: Blocos de Ancoragem

Estaca	Nó Cálculo Transientes	Acessório	Pressões		Diâmetro (mm)	Área (cm ²)	Empuxo Calculado (kg)	Empuxo Arred. (toneladas)	Empuxo Adotado (toneladas)	Bloco de Ancoragem
			(mca)	(kg/cm ²)						
0 + -5,52	20	Flange Cego	22,69	2,27	518,0	2107,41	4.782	4,80	5,00	PA
0 + -5,00	21	Tê	22,67	2,27	518,0	2107,41	4.778	4,80	5,00	BH-01
0 + 5,88	44	C45°	22,23	2,22	518,0	2107,41	3.586	3,60	4,00	BH-02
1 + 0,26	74	C45°	21,65	2,16	518,0	2107,41	3.492	3,50	4,00	BH-03
1 + 3,60	81	C45°	20,81	2,08	518,0	2107,41	3.357	3,40	4,00	BV-01
1 + 8,16	90	C45°	17,61	1,76	518,0	2107,41	2.841	2,90	4,00	BV-02
2 + 10,68	137	C90°	16,31	1,63	518,0	2107,41	4.861	4,90	5,00	BV-03

5 REATORES ANAERÓBIOS

Para o tratamento dos esgotos, em nível secundário, o projeto existente concebeu a implantação de reatores anaeróbios de manta de lodo, tipo UASB “Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactors”, a serem complementados por filtros biológicos percoladores e decantadores secundários.

Para atendimento da vazão afluyente de final de plano foram previstos 2 (dois) conjuntos de reatores, cada qual com duas câmaras conjugadas (total de 4 reatores).

Neste projeto, os reatores foram detalhados aproveitando-se as dimensões externas da unidade uma vez que as fundações já foram executadas. As unidades operarão em paralelo e as principais características geométricas de cada câmara de reator são:

- Forma retangular
- Comprimento de cada câmara..... 24,80 m
- Largura de cada câmara..... 12,65 m
- Altura útil..... 4,50 m
- Altura total 5,00 m
- Volume útil..... 1.411,74 m³
- Volume total (2 reatores – 4 câmaras) 5.646,96 m³

Para a verificação das taxas, considerou-se:

- População residente em início de plano (2011) 42.171 habitantes
- População flutuante em início de plano (2011) 8.424 habitantes
- População total em início de plano (2011) 50.595 habitantes

- Vazão média de contribuição em início de plano 84,33 L/s
- Vazão de infiltração em início de plano (25% Q_{med}) 21,08 L/s
- Vazão média de projeto em início de plano 105,41 L/s

- Vazão máxima de contribuição em início de plano 151,79 L/s
- Vazão de infiltração em início de plano (25% Q_{med}) 21,08 L/s
- Vazão máxima de projeto em início de plano 172,87 L/s

- Vazão média de projeto em final de plano 177,30 L/s
- Vazão máxima de projeto em final de plano 245,20 L/s
- Vazão máxima de recalque da EFI 250,00 L/s
- Carga Orgânica per-capita 54 g/hab.d

5.1 VERIFICAÇÃO DOS TEMPOS DE DETENÇÃO HIDRÁULICA

Para a vazão média de início de plano

$$TDH = \left(\frac{5.646,96}{105,41 \times 3,6} \right) = 14,88 \text{ h}$$

Para a vazão máxima de início de plano

$$TDH = \left(\frac{5.646,96}{172,87 \times 3,6} \right) = 9,07 \text{ h}$$

Para a vazão média de final de plano

$$TDH = \left(\frac{5.646,96}{177,30 \times 3,6} \right) = 8,85 \text{ h}$$

Para a vazão máxima de final de plano

$$TDH = \left(\frac{5.646,96}{245,20 \times 3,6} \right) = 6,41 \text{ h}$$

Para a vazão de bombeamento

$$TDH = \left(\frac{5.646,96}{250 \times 3,6} \right) = 6,27 \text{ h}$$

Os tempos de detenção situam-se dentro dos limites recomendados pela literatura, ou seja:

- $TDH \geq 7,0$ horas para as vazões médias;
- $TDH \geq 4,5$ horas para as vazões máximas; e,
- $TDH \geq 3,5$ horas para as vazões de pico ou de bombeamento.

5.2 VERIFICAÇÃO DAS CARGAS HIDRÁULICAS VOLUMÉTRICAS

Para a vazão média início de plano

$$CHV = \frac{105,41 \times 3,6 \times 24}{5.646,96} = 1,61 \text{ m}^3/\text{m}^3.\text{d}$$

Para a vazão máxima de início de plano

$$CHV = \frac{172,87 \times 3,6 \times 24}{5.646,96} = 2,65 \text{ m}^3/\text{m}^3.\text{d}$$

Para a vazão média de final de plano

$$CHV = \frac{177,30 \times 3,6 \times 24}{5.646,96} = 2,71 \text{ m}^3/\text{m}^3.\text{d}$$

Para a vazão máxima de final de plano

$$CHV = \frac{245,20 \times 3,6 \times 24}{5.646,96} = 3,75 \text{ m}^3/\text{m}^3.\text{d}$$

Para a vazão de bombeamento

$$CHV = \frac{250 \times 3,6 \times 24}{5.646,96} = 3,83 \text{ m}^3/\text{m}^3.\text{d}$$

Os valores das cargas hidráulicas volumétricas situam-se em conformidade com as recomendações bibliográficas, ou seja:

- $CHV \leq 3,5 \text{ m}^3/\text{m}^3.\text{d}$ para as vazões médias;
- $CHV \leq 5,5 \text{ m}^3/\text{m}^3.\text{d}$ para as vazões máximas; e,
- $CHV \leq 7,0 \text{ m}^3/\text{m}^3.\text{d}$ para as vazões de pico ou de bombeamento.

5.3 VERIFICAÇÃO DAS CARGAS ORGÂNICAS VOLUMÉTRICAS

Início de Plano

$$COV = \frac{\left(\frac{50.595 \times 54}{1.000} \right) \times 1,8}{5.646,90} = 0,87 \text{ KgDQO}/\text{m}^3.\text{d}$$

Final de Plano

$$COV = \frac{\left(\frac{67.906 \times 54}{1.000} \right) \times 1,8}{5.646,90} = 1,17 \text{ KgDQO}/\text{m}^3.\text{d}$$

As cargas orgânicas volumétricas situam-se abaixo de $3,50 \text{ KgDQO}/\text{m}^3.\text{d}$, confirmando o critério de dimensionamento do reator pela carga hidráulica volumétrica.

5.4 VERIFICAÇÃO DAS VELOCIDADES ASCENSIONAIS NOS REATORES

Para a vazão média de início de plano

$$v = \frac{105,41 \times 3,6}{1.254,88} = 0,30 \text{ m/h}$$

Para a vazão máxima de início de plano

$$v = \frac{172,87 \times 3,6}{1.254,88} = 0,50 \text{ m/h}$$

Para a vazão média de final de plano

$$v = \frac{177,30 \times 3,6}{1.254,88} = 0,51 \text{ m/h}$$

Para a vazão máxima de final de plano

$$v = \frac{245,20 \times 3,6}{1.254,88} = 0,70 \text{ m/h}$$

Para a vazão de bombeamento de final de plano

$$v = \frac{250,0 \times 3,6}{1.254,88} = 0,72 \text{ m/h}$$

Os valores das velocidades ascensionais situam-se dentro dos limites da literatura, quais sejam:

- $0,5 \leq v \leq 0,7 \text{ m/h}$ para as vazões médias;
- $v \leq 1,1 \text{ m/h}$ para as vazões máximas; e,
- $v \leq 1,5 \text{ m/h}$ para as vazões de pico ou de bombeamento.

5.5 SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DO ESGOTO AFLUENTE AOS REATORES

O número de tubos distribuidores do esgoto afluente no fundo dos reatores foi estabelecido arbitrando-se uma área de influência, para cada difusor, inferior a $3,00 \text{ m}^2$. Assim, tem-se:

$$N_d > \frac{24,80 \times 12,65}{3,00} > 104,6 \text{ un}$$

Foram adotados 128 distribuidores o que acarreta uma área de influência de $2,45 \text{ m}^2$ para cada unidade. Para a tubulação de distribuição adotou-se o diâmetro de 75 mm ($A = 0,0044 \text{ m}^2$), para o qual se tem as seguintes velocidades:

Vazão média de início de plano

$$V = \frac{105,41 \times 10^{-3}}{4 \times 128 \times 0,0044} = 0,0468 \text{ m/s}$$

Vazão média de final de plano

$$V = \frac{177,30 \times 10^{-3}}{4 \times 128 \times 0,0044} = 0,0787 \text{ m/s}$$

Vazão máxima de final de plano

$$V = \frac{245,20 \times 10^{-3}}{4 \times 128 \times 0,0044} = 0,1088 \text{ m/s}$$

Vazão de bombeamento

$$V = \frac{250,0 \times 10^{-3}}{4 \times 128 \times 0,0044} = 0,1110 \text{ m/s}$$

Os valores das velocidades de distribuição no fundo dos reatores situam-se abaixo de 0,20 m/s, valor recomendado para evitar a condução de ar para a região anaeróbia do manto de lodo.

5.6 DIMENSIONAMENTO DO COMPARTIMENTO DE DECANTAÇÃO

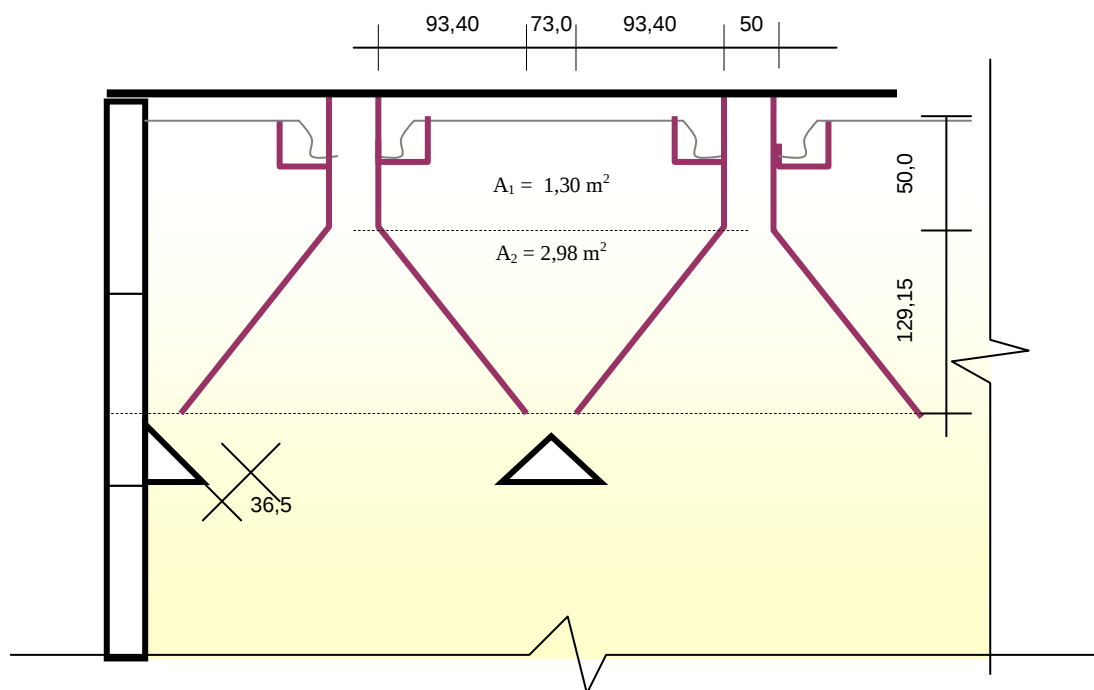


Figura 2 - UASB - Seção Transversal

5.6.1 Cálculo da área de decantação

$$A_{dec} = 8 \times 4 \times (0,934 + 0,73 + 0,934) \times 12,65 = 1.051,67 \text{ m}^2$$

5.6.2 Verificação da taxa de escoamento superficial

Início de plano

$$\gamma_s = \frac{105,41 \times 3,6}{1.051,67} = 0,36 \text{ m/h, para a vazão média} \dots\dots\dots < 0,80 \text{ m/h}$$

$$\gamma_s = \frac{172,87 \times 3,6}{1.051,67} = 0,59 \text{ m/h, para a vazão máxima} \dots\dots\dots < 1,20 \text{ m/h}$$

Final de plano

$$\gamma_s = \frac{177,30 \times 3,6}{1.051,67} = 0,61 \text{ m/h, para a vazão média} \dots\dots\dots < 0,80 \text{ m/h}$$

$$\gamma_s = \frac{245,20 \times 3,6}{1.051,67} = 0,84 \text{ m/h, para a vazão máxima} \dots\dots\dots < 1,20 \text{ m/h}$$

5.6.3 Cálculo do volume do compartimento de decantação

$$V = 8 \times 4 \times (1,30 + 2,98) \times 12,65 = 1.732,54 \text{ m}^3$$

5.6.4 Verificação dos tempos de detenção hidráulica

Em início de plano

$$TDH = \frac{1.732,54}{105,41 \times 3,6} = 4,57 \text{ h, para vazão média} \dots\dots\dots > 1,50 \text{ h}$$

$$TDH = \frac{1.732,54}{172,87 \times 3,6} = 2,78 \text{ h, para vazão máxima} \dots\dots\dots > 1,00 \text{ h}$$

Em final de plano

$$TDH = \frac{1.732,54}{177,30 \times 3,6} = 2,71 \text{ h, para vazão média} \dots\dots\dots > 1,50 \text{ h}$$

$$TDH = \frac{1.732,54}{245,20 \times 3,6} = 1,96 \text{ h, para vazão máxima} \dots\dots\dots > 1,00 \text{ h}$$

5.6.5 Dimensionamento das aberturas para a câmara de decantação

Área das aberturas

$$A = 16 \times 4 \times (12,65 \times 0,365) = 295,50 \text{ m}^2$$

Velocidade nas aberturas do decantador

$$V = \frac{105,41 \times 3,6}{295,50} = 1,28 \text{ m/h, para vazão média de início de plano} \dots\dots\dots < 2,50 \text{ m/h}$$

$$V = \frac{172,87 \times 3,6}{295,50} = 2,11 \text{ m/h, para vazão máxima de início de plano} \dots\dots\dots < 4,00 \text{ m/h}$$

$$V = \frac{177,30 \times 3,6}{295,50} = 2,16 \text{ h, para vazão média de final de plano} \dots\dots\dots < 2,50 \text{ m/h}$$

$$V = \frac{245,20 \times 3,6}{295,50} = 2,99 \text{ h, para vazão máxima de final de plano} \dots\dots\dots < 4,00 \text{ m/h}$$

5.7 ESTIMATIVA DA EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DAS CARGAS APLICADAS

Início de plano

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

$$E_{DQO} = 100 \times (1 - 0,68 \times 14,88^{-0,35}) = 73,57 \%$$

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

$$E_{DBO} = 100 \times (1 - 0,70 \times 14,88^{-0,50}) = 81,85 \%$$

Final de plano

$$E_{DQO} = 100 \times (1 - 0,68 \times 8,85^{-0,35}) = 68,30 \%$$

$$E_{DBO} = 100 \times (1 - 0,70 \times 8,85^{-0,50}) = 76,47 \%$$

5.8 INTERLIGAÇÕES DAS CAIXAS DIVISORAS DE VAZÃO

A seguir estão apresentadas as verificações do escoamento através das tubulações de interligação das Caixas Divisoras de Vazão (CDV), que tiveram, como premissa, a paralização de um dos reatores, o que exigiria a divisão da vazão total em apenas três unidades.

Nesta situação, a vazão afluente em cada unidade será $Q = 250 \div 3 = 83,33 \text{ L/s} \approx 85 \text{ L/s}$.

5.8.1 Interligação da CDV-1 com a CDV-2

Diâmetro da tubulação	DN 400 mm
Vazão a ser transportada	$Q = 85 \text{ L/s}$
Elevação do nível da água na CDV-2	873,00 m
Extensão da tubulação	23,0 m
Somatória dos coeficientes de perda de carga localizada (ENT+C90+SAIDA)	1,90
Perda de carga distribuída	0,02 m
Perda de carga localizada	0,04 m
Perda de carga total na interligação	0,06 m
Elevação mínima do nível da água na CDV-1	873,06 m
Elevação da soleira do vertedor da CDV-1	873,20 m
Geometria do vertedor	retangular
Largura do vertedor da CDV-1	0,70 m
Altura da lâmina d'água por cima do vertedor da CDV-1	0,17 m
Elevação do nível da água na CDV-1	873,37

5.8.2 Interligação da CDV-2 com a CDV-3

Diâmetro da tubulação	DN 200 mm
Número de tubulações	4 ud
Vazão a ser transportada	$85 \div 4 = 21,25 \text{ L/s}$
Elevação do nível da água na CDV-3	872,64 m
Comprimento da tubulação mais extensa	20,0 m
Somatória dos coeficientes de perda de carga localizada (ENT+C90+SAIDA)	1,90
Perda de carga distribuída	0,04 m
Perda de carga localizada	0,04 m

Perda de carga total na interligação	0,08 m
Elevação mínima do nível da água na CDV-2	872,72 m
Elevação da soleira do vertedor da CDV-2	872,90 m
Geometria do vertedor	retangular
Largura do vertedor da CDV-2	0,50 m
Altura da lâmina d'água por cima do vertedor da CDV-2	0,09 m
Elevação do nível da água na CDV-2	873,00

5.8.3 Interligação da CDV-3 com a DST

Diâmetro da tubulação	DN 100 mm
Número de tubulações	4 ud
Vazão a ser transportada	$21,25 \div 4 = 5,31$ L/s
Elevação do nível da água na DST	872,49 m
Comprimento da tubulação	2,25 m
Somatória dos coeficientes de perda de carga localizada (ENT+2xC45+SAIDA)	1,90
Perda de carga distribuída	0,01 m
Perda de carga localizada	0,04 m
Perda de carga total na interligação	0,05 m
Elevação mínima do nível da água na CDV-3	872,54 m
Elevação da soleira do vertedor da CDV-3	872,60 m
Geometria do vertedor	retangular
Largura do vertedor da CDV-3	0,40 m
Altura da lâmina d'água por cima do vertedor da CDV-3	0,04 m
Elevação do nível da água na CDV-3	872,64

5.8.4 Elevação do nível da água na DST

Vazão afluyente na DST	5,31 L/s
Número de tubos distribuidores por DST	8 un
Vazão a ser transportada	$5,31 \div 8 = 0,66$ L/s
Elevação da soleira do vertedor da DST	872,44 m
Geometria do vertedor	triangular
Altura da lâmina d'água por cima do vertedor da DST	0,047 m
Elevação do nível da água na DST	872,49

5.9 PRODUÇÃO DE BIOGÁS

5.9.1 Avaliação da produção de metano:

A avaliação da produção de gás metano, de maneira simplificada, foi feita através da carga de DQO afluyente convertida, pela expressão:

$$DQO_{CH_4} = Q(S_0 - S) - Y_{obs} \times Q \times S_0, \text{ onde:}$$

DQO_{CH_4} parcela de DQO convertida em gás metano (kg DQO_{CH_4}/d)

S_0 concentração de DQO no afluyente da ETE – $S_0 = 239,4 \times 1,80 = 430,92 \text{ mg/L}$

S concentração de DQO no efluyente da ETE – $430,92 \times (1 - 0,70) = 129,28 \text{ mg/L}$

Y_{obs} coeficiente de produção de sólidos no sistema ($Y_{obs} = 0,18$)

$$DQO_{CH_4} = 177,30 \times 3,6 \times 24 \times [(430,92 - 129,28) - (0,18 \times 430,92)] \times 10^{-3} = 3.450,60 \text{ kg } DQO_{CH_4}/d$$

5.9.2 Correção da temperatura operacional do reator:

O fator de correção para a temperatura operacional do reator ' $K(t)$ ' pode ser calculado pela seguinte fórmula

$$K(t) = \frac{(P \times K)}{[R \times (273 + t)]}, \text{ sendo}$$

$K(t)$ fator de correção para a temperatura operacional do reator

P pressão atmosférica (1 atm)

K DQO correspondente a um mol de CH_4 (64 gDQO/mol)

R constante dos gases (0,08206 atm.L/mol.°K)

t temperatura operacional do reator (27 °C)

$$K(t) = \frac{(1 \times 64)}{[0,08206 \times (273 + 27)]} = 2,5997$$

$K(t)$ = fator de correção para a temperatura operacional do reator;

P = pressão atmosférica (1 atm);

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

R = constante dos gases (0,08206 atm.L/mol.°K);

t = temperatura operacional do reator (27 °C).

5.9.3 Produção volumétrica de biogás

A produção de metano na ETE – (Q_{CH_4}) – pode ser estimada através da seguinte fórmula:

$$Q_{CH_4} = \frac{DQO_{CH_4}}{K(t)} = \frac{3.450,60}{2,5997} = 1.327,31 \text{ m}^3/\text{d}, \text{ em final de Plano}$$

Considerando-se a produção de metano igual a 75 % de todo o biogás produzido, tem-se:

$$Q_{biogas} = \frac{Q_{CH_4}}{0,75} = 1.769,74 \text{ m}^3/\text{d}, \text{ em final de plano}$$

Considerando-se a produção real de biogás em cerca de 70% da produção teórica, tem-se:

$$Q_{real} = 0,70 \times 1.769,74 = 1.238,82 \text{ m}^3/\text{d}$$

6 SISTEMA DE DESIDRATAÇÃO

A redução do teor de umidade do lodo gerado no sistema de tratamento será feita através de desidratação mecanizada por “decanter” centrífugo.

6.1 PRODUÇÃO DE LODO BIOLÓGICO

6.1.1 Produção de lodo do tratamento primário

A produção esperada de lodo nos reatores pode ser estimada a partir da expressão:

$$P_{\text{lodo}} = Y \times DQO_{\text{aplicada}} \text{ kg SST/d} \quad \text{onde } Y = 0,18 \text{ kg/kg DQO}_{\text{aplicada}}$$

Para final de plano, tem-se:

População de final de plano 67.906 habitantes
Carga orgânica 3.666,92 kg DBO5/d

$$P_{\text{lodo}} = 0,18 \times 3.666,92 \times 1,8 = 1.188,08 \text{ kg SST/d}$$

6.1.2 Produção de lodo do tratamento secundário

A produção esperada de lodo tratamento secundário, filtros biológicos, pode ser estimada a partir da expressão:

$$P_{\text{lodo}} = Y \times DBO_{\text{reduzida}} \text{ kg SST/d} \quad \text{onde } Y = 0,75 \text{ kg/kg DBO}_{\text{reduzida}}$$

A DBO reduzida nos filtros biológicos foi admitida como sendo de 50% da DBO afluenta (efluente dos reatores).

Para final de plano, tem-se:

$$P_{\text{lodo}} = 0,75 \times 3.666,92 \times (1 - 0,70) \times 0,50 = 412,53 \text{ kg SST/d}$$

O lodo aeróbio produzido nos filtros biológicos percoladores será retornado para os reatores anaeróbios, onde sofrerá estabilização e posteriormente descartado para desidratação. Para a quantificação do volume desta parcela foram admitidos:

Percentual de sólidos voláteis no lodo aeróbio 75%
Percentual de redução dos sólidos voláteis nos reatores 20%

Assim, a redução do lodo aeróbio, produzido nos filtros biológicos percoladores, será equivalente a 15% ($0,75 \times 0,20$).

Portanto, a produção total de lodo a ser descartada para desidratação será de:

$$P_{\text{lodoTot}} = 412,53 \times (1 - 0,15) + 1.188,08 = 1.538,73 \text{ kg SST/d}$$

O volume de lodo produzido foi estimado admitindo-se a concentração de 1.020 kg/m^3 e um teor de matéria sólida de 3%. Assim, tem-se:

$$V = \frac{1.538,73}{1.020 \times 0,03} = 50,28 \text{ m}^3/\text{d, em final de plano}$$

6.1.3 Volume de lodo desidratado

O volume de lodo desidratado, para efeito de aterro sanitário, foi calculado admitindo-se sua retirada com teor de umidade da ordem de 75%. Assim, tem-se:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{100 - H_2}{100 - H_1}$$

Onde,

V_1 = volume de lodo com umidade H_1

V_2 = volume de lodo com umidade H_2

$$\frac{50,28}{V_2} = \frac{100 - 75}{100 - 97} \Rightarrow V_2 = 6,03 \text{ m}^3/\text{d, em final de plano}$$

Para efeito de dimensionamento da unidade de desidratação foi considerado o teor médio de sólidos no lodo removido dos reatores UASB igual a 3%, com massa específica de 1.020 kg/m^3 . Ressalta-se que a concentração média do lodo a ser enviado para desidratação dependerá, essencialmente, da rotina de descarte a ser adotada, que será função das quantidades de lodo que serão removidas de cada altura do reator.

As estimativas de quantidades e volumes médios de lodo removidos dos reatores UASB para desidratação estão resumidas no Quadro 13.

Quadro 13 - Lodo para desaguamento

Parâmetro	Valores
Massa de lodo a ser enviada para desaguamento	1.538,73 kgSS/d
Volume de lodo enviado para desaguamento	50,28 m³/d

6.2 TANQUES PULMÃO DE LODO – TPL

Para a equalização da parte sólida descarregada pelos reatores UASB, serão utilizados tanques de recebimento de lodo – TPL. Estes tanques, em número de duas unidades, além da equalização (para envio homogêneo para as centrífugas) poderão também ter um efeito adensador para os sólidos suspensos e ainda, operarem como flutuador para a suspensão de materiais graxos presentes.

Antecedendo cada descarga de lodo para o TPL está prevista a descarga de parte do líquido confinado na câmara de gás do separador trifásico, que poderá/deverá apresentar certo teor de material graxo. Este material graxo poderá, no interior do TPL, ser homogêneo com o lodo e enviado para desaguamento na centrífuga. Outra opção será seu descarte juntamente com o clarificado do TPL após período de repouso com ou sem emprego de polímero.

Portanto, os tanques pulmão de lodo – TPL possibilitam a operação de desaguamento mediante três procedimentos distintos:

- Procedimento operacional de número 1 – a espuma graxa da câmara de biogás e o lodo excedente descarregado são reunidos no TPL, homogêneos através de linha de injeção de ar comprimido e bombeados para a centrífuga. O filtrado do processo é descarregado nas caixas de retenção de espuma para em seguida serem retornados aos reatores UASB;
- Procedimento operacional de número 2 – constitui uma variante do procedimento de número 1. Após receber as descargas da câmara de gás e do lodo excedente procede-se a uma aeração de fundo por cerca de 15 minutos, após o que, o tanque permanecerá em repouso por aproximados 30 a 40 minutos. Procede-se então a uma descarga do clarificado do TPL que será encaminhada para as caixas de retenção de espuma e posteriormente aos reatores UASB. O lodo remanescente no TPL será homogêneo por ar comprimido e encaminhado, mais adensados (da ordem de 4% de MS), para as máquinas de desidratação. O filtrado da centrífuga é encaminhado para as caixas de retenção de espuma e posteriormente para os reatores UASB.
- Procedimento operacional de número 3 – descarrega-se a espuma da câmara de biogás diretamente para as caixas de retenção de espuma e o lodo excedente para o TPL.

Aguarda-se repouso da ordem de 30 a 40 minutos, descarrega-se o sobrenadante para as caixas de retenção de espuma e inicia-se a desidratação com homogeneização por ar comprimido. Também neste procedimento o filtrado seguirá para as caixas de retenção de espuma e posteriormente para os reatores UASB.

As alternativas de números 2 e 3 apresentam a vantagem de reduzir o teor de material graxo presente e promovem o adensamento do lodo a ser desidratado, possibilitando a obtenção de melhor performance para o equipamento mecanizado. Para estas duas alternativas é, ainda, facultada a possibilidade de se dosar polieletrólito junto ao volume contido no TPL na busca de uma melhor definição da interface sólido/líquido.

O esquema, a seguir apresentado, ilustra os três procedimentos possíveis de serem realizados.

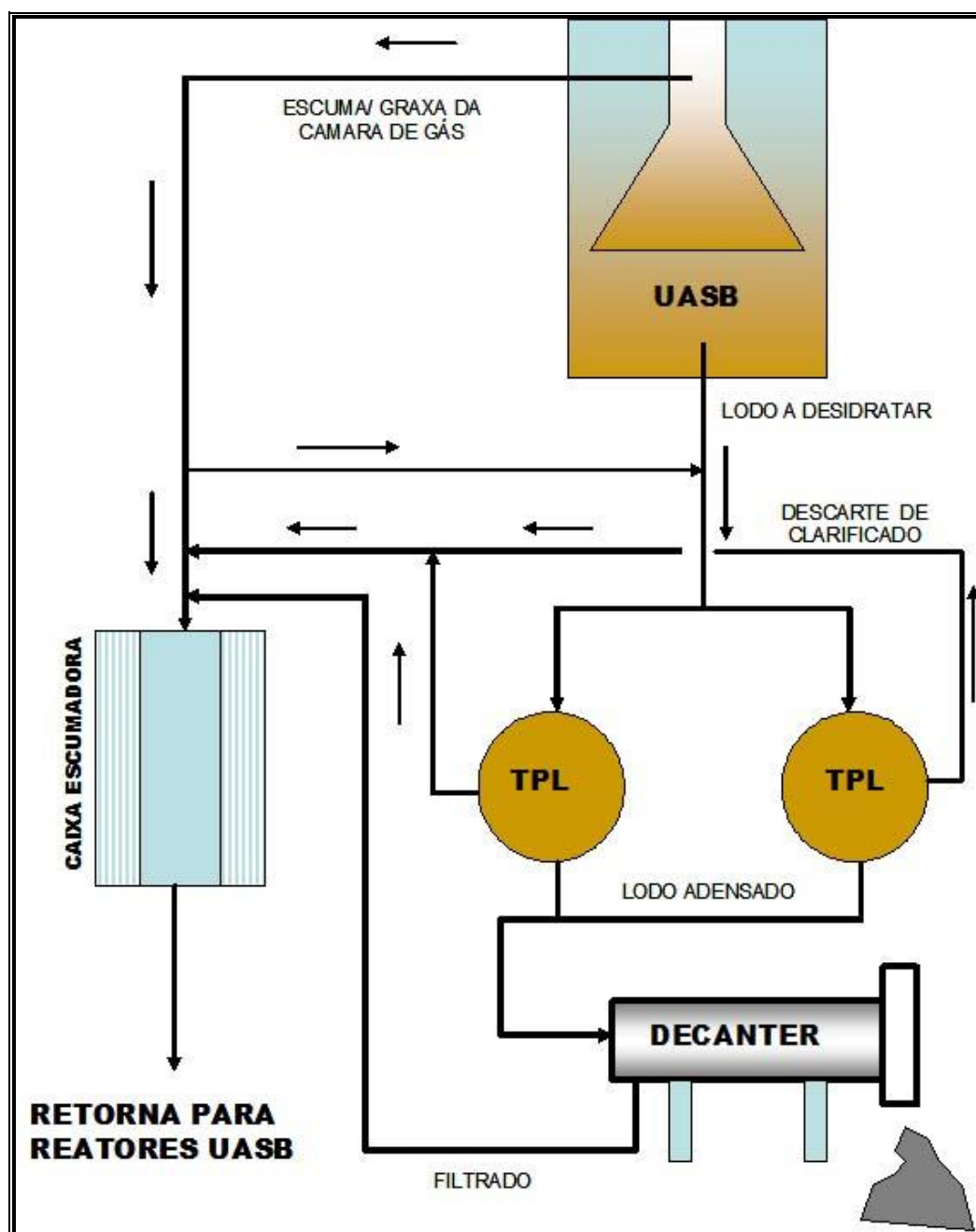


Figura 3 - Equalização do Lodo Excedente para Desidratação Mecanizada

Características do Tanque Pulmão de Lodo (TPL)

- Número de unidades	02
- Forma	cilíndrica
- Diâmetro da base	3,00 m
- Altura útil	4,16 m
- Volume útil	29,41 m³
- Volume duas unidades	58,81 m³
- Cota do fundo	866,16 m
- Cota do NA máximo	870,50 m

- Cota do dispositivo de extravasamento 870,92 m

Cada tanque pulmão de lodo apresenta duas descargas para clarificado em níveis diferentes, quais sejam:

- Descarga nível superior 869,98 m
- Descarga nível inferior 868,74 m

Admitido o tanque cheio na sua capacidade máxima, os volumes passíveis de serem descarregados serão:

- Volume descarregado pela descarga superior 5,80 m³
- Volume descarregado pela descarga inferior 12,44 m³

A previsão da capacidade de adensamento do lodo contido no TPL foi elaborada, para as duas descargas, admitindo os seguintes parâmetros:

- Concentração do lodo contido no tanque cheio 3% MS
- Concentração de lodo no clarificado a descarregar 0,5% MS
- Concentração resultante após descarga nível superior 3,27% MS
- Concentração resultante após descarga nível inferior 3,66% MS

6.3 EQUIPAMENTO DE DESIDRATAÇÃO

Para atender ao final de plano (50,28 m³/d a uma concentração de 3%) serão utilizados dois decaners centrífugos, com capacidade nominal de 8 m³/h. Com duas unidades implantadas será possível, em final de plano, a operação de desidratação por período de aproximadas 6 horas por dia.

Como referência de projeto foi escolhido o decanter centrífugo modelo FP500/2 da Peralisi. O equipamento de desidratação deverá produzir uma torta seca com pelo menos 20% de teor de sólidos e centrado com baixa concentração de sólidos (captura de sólidos da ordem de 95%).

6.4 NECESSIDADE DE POLIELETRÓLITO

A necessidade de polieletrólito para desidratação de lodo estabilizado anaerobicamente varia usualmente entre 4 e 8 kg de polieletrólito/tonelada de sólidos (peso seco). As quantidades de polieletrólito necessárias para a desidratação do lodo são estimadas conforme Quadro 14, para uma necessidade média de 6 kg de polieletrólito por 1000 kg de sólidos.

Quadro 14 - Estimativa de consumo de polieletrólito

Parâmetro	Produção
Massa de lodo a ser enviada para desidratação	1,54 tonSS/d
Consumo médio de polieletrólito	6 Kg/tonSS
Necessidade de polieletrólito	9,24 kg/d

O polieletrólito será dosado próximo à entrada do decanter centrífugo, em um misturador apropriado para promover a mistura do polieletrólito com o lodo.

Para uma aplicação máxima de lodo em cada decanter centrífugo de 256,7 kg SS/h e dosagem máxima de polieletrólito de 8 kg/t SS, tem-se a taxa de aplicação de $(8 \times 256,7/1000) = 2,05$ kg/h.

Foram adotadas duas unidades automatizadas de preparo e dosagem de solução de polieletrólito – polímero aniônico de densidade média/baixa, peso específico aproximado de 750 kg/m³, (uma unidade de preparo para cada decanter centrífugo).

Para a especificação do equipamento de preparo e dosagem de polímero, considerou-se a diluição aproximada de 0,25% (faixa: 0,05% a 0,5%) – polímero em pó, o que exigiria um sistema com capacidade de 1.093 L/h. Como referência de projeto cita-se a unidade de preparo de polímero em pó, modelo VIB 1000 (1.000 L/h – diluição: 0,27%) ou VIB 1500 (1.500 L/h – diluição: 0,18%), com pós diluição, da VIBROPAC.

6.5 PRODUÇÃO DE LODO DESIDRATADO

A recuperação de sólidos nas centrífugas é estimada em 95% e o lodo desidratado deverá apresentar teor de sólidos de pelo menos 20% com massa específica em torno de 1.100 kg/m³. Com base nesses critérios e nas massas de lodo enviadas para desidratação pode-se estimar a produção de lodo desidratado, conforme apresentado no Quadro 15.

Quadro 15 - Estimativa de produção de lodo desidratado

Parâmetro	Valores/anos
Taxa de recuperação de sólidos	95%
Massa específica do lodo seco	1100 kgSS/m ³
Teor de sólidos na torta de lodo seco	20%
Quantidade de lodo seco produzido	292,36 kgSS/d
Volume de lodo seco produzido	0,27 m ³ /d

7 INTERLIGAÇÃO DAS UNIDADES

Apresenta-se, a seguir, o dimensionamento/verificação das interligações entre as unidades da ETE.

7.1 LINHA DE TRANSPORTE DE LODO PARA DESIDRATAÇÃO

- Extensão da linha 186,0 m
- Cota do NA nos reatores anaeróbios 871,50 m

A discriminação das conexões ao longo da linha de lodo está apresentada no Quadro 16 a seguir.

Quadro 16 - Conexões na linha de lodo para desidratação

Conexão	Qtd	Valor de K	Soma de K
Entrada de borda°	1	1,00	1,00
Curva 90°	5	0,40	2,00
Y Passagem direta	1	0,60	0,60
Válvula de esfera	2	0,23	0,46
Tê Passagem direta	15	0,60	9,00
Tê Saída lateral	4	1,30	5,20
Curva 45°	1	0,20	0,20
Saída	1	1,00	1,00

O coeficiente 'k' das válvulas de esfera foi calculado com base no catálogo da válvula Eflux da Glass, que informa, para o diâmetro de 6" (150 mm), com a válvula totalmente aberta, o valor de $K_v = 1860 \text{ m}^3/\text{h}$ para causar 1 bar de perda de carga, que equivale, aproximadamente, a $0,5167 \text{ m}^3/\text{s}$ para causar 3,1623 mca de perda de carga, ou seja, $K_v \approx 0,1637 \text{ m}^3/\text{s.mca}$.

A perda de carga localizada em conexões é usualmente calculada pela expressão:

$$h_f = k \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} = \frac{8 \cdot k}{g \cdot \pi^2 \cdot D^4}$$

Utilizando-se o coeficiente K_v , a perda de carga pode ser calculada com a seguinte expressão:

$$K_v = \frac{Q}{\sqrt{h_f}}, \text{ ou seja, } h_f = \frac{Q^2}{K_v^2}$$

Unindo-se as expressões, tem-se:

$$k = \frac{g \cdot \pi^2 \cdot D^4}{8 \cdot K_v^2}$$

Para o cálculo da perda de carga localizada, considerou-se a soma dos coeficientes de perda de carga localizada $\Sigma K = 19,46$.

A determinação da vazão de lodo na linha vai depender do nível da água (NA) no Taque Pulmão de Lodo (TPL), conforme a expressão seguinte.

$$Q = \sqrt{\frac{NA_{UASB} - NA_{TPL}}{f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{8}{g \cdot \pi^2 \cdot D^4} + \frac{8 \cdot \Sigma K}{g \cdot \pi^2 \cdot D^4}}}$$

O cálculo valor de “f” considerou a viscosidade do lodo $\nu = 8,82 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$, convertida do valor da viscosidade absoluta $\mu = 900 \text{ cpi}$ (900 centipoise), apresentado por Dalton Luis da Cunha Ramaldes, Márcia Regina Pereira Lima e Ricardo Franci Gonçalves, no XXVIII Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, em outubro de 2002m Cancún, México – ver Figura 4.

Tabela 1: Apresentação das dimensões do reator UASB utilizado no experimento, das características do efluente tratado e do lodo desse reator submetido aos testes de desidratação

PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO REATOR UASB, EFLUENTE TRATADO E LODO GERADOS				
Dimensões do reator UASB	Características do efluente tratado			Características do lodo
	DQO (mg/l)	DBO (mg/l)	SS (mg/l)	
Diâmetro = 1,0 m	Média = 171	Média = 57	Média = 54	Densidade = 1,06 g/cm ³
Altura = 6,0 m	Des. Padrão = 45	Des. Padrão = 31	Des. Padrão = 18	Viscosidade cinemática (*) = 900 cpi
Vol. total = 4,8 m ³	Máx. = 266	Máx. = 126	Máx. = 93	ST = 9,0 %
TDH = 8 h	Min. = 90	Min. = 15	Min. = 22	SV = 55% (SV/ST)
	Nº amostras = 59	Nº amostras = 25	Nº amostras = 52	

Nota: (*) – Teste realizado pelo Laboratório de Pesquisas da Petrobrás

Figura 4 - Características do lodo de reator

A conversão da viscosidade absoluta para a viscosidade cinemática foi realizada considerando-se a densidade do lodo = 1.020 kg/m³.

Quando o nível da água no TPL estiver na cota máxima = 870,66 m, a vazão na linha de lodo será: $Q = 4,26 \text{ L/s}$ e o coeficiente de atrito $f = 0,2951$.

7.2 INTERLIGAÇÃO DO UASB COM A CDV-4

- Elevação máxima do nível da água nos reatores UASB 872,00 m

A tubulação de interligação do UASB à CDV-4 possui dois trechos a serem verificados, conforme discriminado a seguir.

Trecho 1

- Material ferro fundido
- Diâmetro DN 500 mm (DI 518 mm)
- Extensão 30 m
- Vazão máxima 166,66 L/s $\approx$ 167 L/s

Trecho 2

- Material ferro fundido
- Diâmetro DN 500 mm (DI 518 mm)
- Extensão 5 m
- Vazão máxima 250 L/s

Relação de conexões

Conexão	Trecho	Qtd	Valor de K	Soma de K
Entrada de borda°	Trecho 1	1	1,00	1,00
Curva 90°	Trecho 1	1	0,40	0,40
T Passagem direta	Trecho 1	1	0,60	0,60
Ampliação	Trecho 1	1	0,30	0,30
Tê Saída Lateral	Trecho 2	1	1,30	1,30
Saída	Trecho 2	1	1,00	1,00

- Somatório dos Coeficientes para o primeiro trecho 2,30
- Somatório dos Coeficientes para o segundo trecho 2,30

As perda de carga serão:

- Perda de carga distribuída no primeiro trecho 0,04 mca
- Perda de carga localizada no primeiro trecho 0,08 mca
- Perda de carga distribuída no segundo trecho 0,02 mca

- Perda de carga localizada no primeiro trecho 0,17 mca
- Perda de carga total na interligação **0,31 mca**
- Elevação do nível da água na CDV-4 **871,69 m**

Para o posicionamento da elevação da soleira do vertedor da CDV-4 utilizou-se a fórmula de Francis, para vertedores retangulares:

$$Q = 1,838 \times L \times H^{3/2}$$

- Largura do vertedor (L) 0,70 m
- Vazão em cada vertedor (Q) 125 L/s
- Altura da lâmina d'água no vertedor 0,2113 m
- Elevação da soleira do vertedor **871,48 m**

7.3 INTERLIGAÇÃO DA CDV-4 COM O FBP

A carga hidráulica disponível entre os reatores UASB e os filtros biológicos é bastante reduzida motivo pelo qual não será possível, com as vazões de final de plano, eliminar uma das linhas de FBP/DES (Filtro Biológico + Decantador Secundário), direcionando toda a vazão para o tratamento na linha restante. Porém, para permitir uma eventual paralização de uma das linhas, ou então o by-pass de um filtro, o trecho da interligação que ainda não foi implantado pelas obras foi redimensionado para DN 500 mm.

Como medida de segurança operacional foi projetado o sistema de extravasamento da CDV-4, com tubos de ferro fundido, DN 300 mm, encaminhando o efluente excedente para a calha Parshall da elevatória de recirculação que, por sua vez, extravasa para o corpo receptor através do emissário final, passando antes, pelo sistema de sanitização.

- Elevação do braço rotativo no Filtro Biológico 870,96 m

Assim como no caso da interligação do UASB com a CDV-4, a tubulação de interligação da CDV-4 com o FBP é dividida em dois trechos.

Trecho 1

- Material ferro fundido
- Diâmetro DN 500 mm (DI 518 mm)
- Extensão 19,75 m
- Vazão 125 L/s

Trecho 2

- Material PVC
- Diâmetro DN 400 mm (DI 394,6 mm)
- Extensão 19,85 m
- Vazão 125 L/s

Relação de conexões

Conexão	Trecho	Qtd	Valor de K	Soma de K
Entrada de borda°	Trecho 1	1	1,00	1,00
Curva 90°	Trecho 1	2	0,40	0,80
T Passagem direta	Trecho 1	2	0,60	1,20
Válv. Borboleta	Trecho 1	1	0,30	0,30
Curva 90°	Trecho 2	2	0,40	0,80
T Saída lateral	Trecho 2	1	1,30	1,30
Saída	Trecho 2	1	1,00	1,00

- Somatório dos Coeficientes para o primeiro trecho 3,30
- Somatório dos Coeficientes para o segundo trecho 3,10

As perda de carga serão:

- Perda de carga distribuída no primeiro trecho 0,02 mca
- Perda de carga localizada no primeiro trecho 0,06 mca
- Perda de carga distribuída no segundo trecho 0,05 mca
- Perda de carga localizada no primeiro trecho 0,17 mca
- Perda de carga total na interligação **0,30 mca**
- Elevação do nível da água na CDV-4 **871,26 m**

7.4 INTERLIGAÇÃO DA FBP COM O DES

A interligação entre o filtro biológico e o decantador secundário foi mantida com tubos de PVC, DN 400 mm, conforme já dimensionado. Com esse diâmetro tem-se:

- Cota do nível da água no DES 867,05 m
- Extensão da tubulação de interligação 23 m
- Material da tubulação PVC

- Diâmetro da tubulação DN 400 mm (DI 394,6 mm)
- Vazão máxima na tubulação (1 DES paralisado) 250 L/s

Relação de conexões

Conexão	Qtd	Valor de K	Soma de K
Entrada de borda°	1	1,00	1,00
Reg. Gaveta	2	0,20	0,40
T Passagem direta	1	0,60	0,60
Curva 45°	3	0,20	0,60
Saída	1	1,00	1,00

- Somatório dos Coeficientes para o primeiro trecho 3,60

As perda de carga serão:

- Perda de carga distribuída 0,18 mca
- Perda de carga localizada 0,77 mca
- Perda de carga total na interligação **0,95 mca**
- Elevação do nível da água no fundo do FBP **868,00 m**

Na pior das situações, ou seja, em final de plano, trabalhando com apenas um decantador secundário recebendo toda a vazão, a perda de carga provocará a elevação do nível da água dentro do filtro biológico, criando uma lâmina de água com aproximadamente $H = 0,54$ m a partir do fundo dessa unidade.

Em operação normal, a vazão de final de plano em cada decantador será $Q = 125$ L/s. Nesta situação tem-se:

- Perda de carga distribuída 0,05 mca
- Perda de carga localizada 0,19 mca
- Perda de carga total na interligação **0,24 mca**
- Elevação do nível da água no fundo do FBP **867,29 m**

A lâmina d'água no fundo do filtro biológico não extravasa a canaleta de recolhimento do efluente.