

Prefeitura Municipal de Potim-SP



**Estudo de Concepção e Projeto de Engenharia para o Afastamento e Tratamento do Esgoto Sanitário da Sede de Potim-SP**

Contrato 030/2015 - Processo nº 33/CMLA/2015



**Setembro – 2017**

VOLUME I

Projeto Básico

Memorial Técnico Descritivo e de Cálculo

***SUMÁRIO***

[Apresentação 6](#_Toc493679241)

[1 INFORMAÇÕES CADASTRAIS 7](#_Toc493679242)

[1.1 Identificação do Empreendimento 7](#_Toc493679243)

[1.2 Contratante dos Serviços 7](#_Toc493679244)

[1.3 Responsabilidade Técnica pelo Projeto de Engenharia 7](#_Toc493679245)

[1.4 Equipe Técnica 8](#_Toc493679246)

[2 CONCEPÇÃO DA PROPOSTA TÉCNICA 9](#_Toc493679247)

[2.1 Ampliação do Sistema de Coleta e Transporte de Esgotos 9](#_Toc493679248)

[2.2 Elevatórias de Esgotos e Respectivas Linhas de Recalque 9](#_Toc493679249)

[2.3 Estação de Tratamento de Esgotos - ETE 9](#_Toc493679250)

[2.4 Grau de Atendimento 10](#_Toc493679251)

[2.5 Parâmetros de Projeto 10](#_Toc493679252)

[2.6 Vazões de projeto 10](#_Toc493679253)

[2.6.1 Vazões sem infiltração 10](#_Toc493679254)

[2.6.2 Vazão de infiltração 11](#_Toc493679255)

[2.6.3 Vazões com infiltração 11](#_Toc493679256)

[2.7 Caracterização dos Esgotos 11](#_Toc493679257)

[3 RedeS coletoraS de esgotos 13](#_Toc493679258)

[3.1 Diretrizes Gerais 13](#_Toc493679259)

[3.2 Quesitos a Serem Verificados e Atendidos 13](#_Toc493679260)

[3.3 Diâmetros e Materiais 13](#_Toc493679261)

[3.4 Tensão Trativa 13](#_Toc493679262)

[3.5 Declividade 14](#_Toc493679263)

[3.6 Velocidade de Escoamento 14](#_Toc493679264)

[3.7 Lâmina d´Água 15](#_Toc493679265)

[3.8 Traçado da Tubulação 15](#_Toc493679266)

[3.9 Sistematização dos Cálculos 15](#_Toc493679267)

[3.10 Quadro Resumo da Tubulação a Implantar 16](#_Toc493679268)

[4 Elevatória de Transposição de Bacias (ee - 01) 17](#_Toc493679269)

[4.1 Justificativa 17](#_Toc493679270)

[4.2 Informações para o Dimensionamento 17](#_Toc493679271)

[4.3 Escolha dos Diâmetros 17](#_Toc493679272)

[4.3.1 Diâmetro do barrilete (DB) 17](#_Toc493679273)

[4.3.2 Diâmetro da linha de recalque (DR) 17](#_Toc493679274)

[4.4 Cálculo da Altura Manométrica 17](#_Toc493679275)

[4.4.1 Perda de carga contínua na tubulação de recalque 17](#_Toc493679276)

[4.4.2 Perdas de carga localizada no recalque 18](#_Toc493679277)

[4.4.3 Perda de carga total 18](#_Toc493679278)

[4.4.4 Altura manométrica 18](#_Toc493679279)

[4.5 Curvas da Bomba e do Sistema e Ponto de Operação 18](#_Toc493679280)

[4.5.1 Curva do sistema 18](#_Toc493679281)

[4.5.2 Curva da bomba 19](#_Toc493679282)

[4.5.3 Ponto de operação 19](#_Toc493679283)

[4.5.4 Especificação dos conjuntos moto-bombas 19](#_Toc493679284)

[4.5.5 Curva característica do conjunto moto bomba 21](#_Toc493679285)

[4.5.6 Dimensionamento do poço de sucção 22](#_Toc493679286)

[4.5.7 Linha de recalque 23](#_Toc493679287)

[5 Elevatória final (ee - 02) 24](#_Toc493679288)

[5.1 Justificativa 24](#_Toc493679289)

[5.2 Informações para o Dimensionamento 24](#_Toc493679290)

[5.3 Escolha dos Diâmetros 24](#_Toc493679291)

[5.3.1 Diâmetro do barrilete (DB) 24](#_Toc493679292)

[5.3.2 Diâmetro da linha de recalque (DR) 24](#_Toc493679293)

[5.4 Cálculo da Altura Manométrica 24](#_Toc493679294)

[5.4.1 Perda de carga contínua na tubulação de recalque 24](#_Toc493679295)

[5.4.2 Perdas de carga localizada no recalque 25](#_Toc493679296)

[5.4.3 Perda de carga total 25](#_Toc493679297)

[5.4.4 Altura manométrica 25](#_Toc493679298)

[5.5 Curvas da Bomba e do Sistema e Ponto de Operação 25](#_Toc493679299)

[5.5.1 Curva do sistema 25](#_Toc493679300)

[5.5.2 Curva da bomba 26](#_Toc493679301)

[5.5.3 Ponto de operação 26](#_Toc493679302)

[5.5.4 Especificação dos conjuntos moto-bombas 27](#_Toc493679303)

[5.5.5 Curva característica do conjunto moto bomba 28](#_Toc493679304)

[5.5.6 Dimensionamento do poço de sucção 29](#_Toc493679305)

[5.5.7 Linha de recalque 30](#_Toc493679306)

[6 ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS 31](#_Toc493679307)

[6.1 Tratamento Preliminar 31](#_Toc493679308)

[6.1.1 Descritivo da Operação 31](#_Toc493679309)

[6.1.2 Informações Gerais do Equipamento 31](#_Toc493679310)

[6.1.3 Peneira Estática 32](#_Toc493679311)

[6.1.4 Desarenador 33](#_Toc493679312)

[6.1.5 Removedor de Material Graxo 33](#_Toc493679313)

[6.1.6 Quantificação da Remoção de Sólidos 33](#_Toc493679314)

[6.2 Reatores UASB 34](#_Toc493679315)

[6.2.1 Parâmetros de dimensionamento 34](#_Toc493679316)

[6.2.2 Adoção do tempo de detenção hidráulica (TDH) 34](#_Toc493679317)

[6.2.3 Determinação do volume total do reator (V) 34](#_Toc493679318)

[6.2.4 Adoção da altura útil do reator (H) 35](#_Toc493679319)

[6.2.5 Determinação da área do reator (A) 35](#_Toc493679320)

[6.2.6 Verificação da área, do volume e do tempo de detenção 35](#_Toc493679321)

[6.2.7 Verificação das cargas aplicadas 35](#_Toc493679322)

[6.2.8 Verificação das velocidades superficiais 36](#_Toc493679323)

[6.2.9 Sistema de distribuição do esgoto afluente 36](#_Toc493679324)

[6.2.10 Caixa divisora de vazão 36](#_Toc493679325)

[6.2.11 Caixa distribuidora de vazão 36](#_Toc493679326)

[6.2.12 Estimativa da eficiência na remoção das demandas de oxigênio 37](#_Toc493679327)

[6.2.13 Estimativa das concentrações de DQO e DBO no efluente do UASB 37](#_Toc493679328)

[6.2.14 Dimensionamento do compartimento de decantação 37](#_Toc493679329)

[6.2.15 Dimensionamento das passagens para o decantador 38](#_Toc493679330)

[6.2.16 Escolha do diâmetro dos tubos de entrada 39](#_Toc493679331)

[6.2.17 Avaliação da produção de lodo 39](#_Toc493679332)

[6.2.18 Avaliação da produção de metano 40](#_Toc493679333)

[6.2.19 Avaliação da produção de biogás 40](#_Toc493679334)

[6.2.20 Verificação da taxa de liberação de biogás 40](#_Toc493679335)

[6.2.21 Disposição final do biogás 41](#_Toc493679336)

[6.3 Filtro Biológico Percolador 42](#_Toc493679337)

[6.3.1 Justificativa técnica 42](#_Toc493679338)

[6.3.2 Dados para dimensionamento 42](#_Toc493679339)

[6.3.3 Adoção dos principais parâmetros operacionais 43](#_Toc493679340)

[6.3.4 Seção horizontal do filtro (AH) 43](#_Toc493679341)

[6.3.5 Volume do meio suporte (VMS) 43](#_Toc493679342)

[6.3.6 Arranjo das camadas do filtro 44](#_Toc493679343)

[6.3.7 Geometria do filtro biológico 44](#_Toc493679344)

[6.3.8 Verificação das condições operacionais das unidades 44](#_Toc493679345)

[6.3.9 Eficiências do tratamento 45](#_Toc493679346)

[6.3.10 Estimativa de concentração de DBO no efluente final 45](#_Toc493679347)

[6.3.11 Avaliação da produção de lodo 45](#_Toc493679348)

[6.4 Decantador Secundário 46](#_Toc493679349)

[6.4.1 Seção horizontal do decantador (AH) 46](#_Toc493679350)

[6.4.2 Tempo de detenção hidráulico (TDH) 46](#_Toc493679351)

[6.4.3 Taxa de escoamento linear (TEL) sobre o vertedor 47](#_Toc493679352)

[6.5 Elevatória de Recirculação 47](#_Toc493679353)

[6.5.1 Justificativa 47](#_Toc493679354)

[6.5.2 Informações para o dimensionamento 47](#_Toc493679355)

[6.5.3 Escolha dos Diâmetros 48](#_Toc493679356)

[6.5.4 Cálculo da altura manométrica 48](#_Toc493679357)

[6.5.5 Curvas da bomba e do sistema e ponto de operação 49](#_Toc493679358)

[6.5.6 Especificação dos conjuntos motobombas 49](#_Toc493679359)

[6.5.7 Obtenção gráfica do ponto de operação 50](#_Toc493679360)

[6.5.8 Curva de desempenho do conjunto motobomba 51](#_Toc493679361)

[6.5.9 Poço de sucção 52](#_Toc493679362)

[6.5.10 Linha de recalque 52](#_Toc493679363)

[6.6 Sanitização dos Esgotos Tratados 53](#_Toc493679364)

[6.6.1 Objetivo 53](#_Toc493679365)

[6.6.2 Qualidade do Efluente e exigência de Sanitização 53](#_Toc493679366)

[6.6.3 Parâmetros de Projeto 53](#_Toc493679367)

[6.6.4 Agente Sanitizante Empregado 54](#_Toc493679368)

[6.6.5 Especificação do equipamento 54](#_Toc493679369)

[6.7 Leitos de Secagem 54](#_Toc493679370)

[6.7.1 Cálculo da área necessária 54](#_Toc493679371)

[6.7.2 Caracterização das células de secagem 54](#_Toc493679372)

[6.7.3 Verificação da lâmina aplicada (e) 55](#_Toc493679373)

[6.7.4 Volume teórico de lodo desidratado (VLD) 55](#_Toc493679374)

[6.7.5 Vazão de drenados 55](#_Toc493679375)

[6.8 Unidade de Apoio Operacional 55](#_Toc493679376)

[6.9 Disposição Final dos Esgotos Tratados 56](#_Toc493679377)

[6.10 Disposição Final dos Resíduos Sólidos 56](#_Toc493679378)

[6.10.1 Quantificações dos resíduos gerados na ETE 56](#_Toc493679379)

[6.10.2 Resíduos do tratamento preliminar 56](#_Toc493679380)

[6.10.3 Lodo desidratado 56](#_Toc493679381)

[6.11 Infraestrutura Básica, Urbanização e Paisagismo 56](#_Toc493679382)

[6.11.1 Infraestrutura básica 56](#_Toc493679383)

[6.11.2 Drenagem Pluvial 57](#_Toc493679384)

[6.11.3 Isolamento da área 58](#_Toc493679385)

[6.11.4 Elementos a serem implantados 59](#_Toc493679386)

[6.11.5 Programa de plantio e manutenção de mudas de árvores nativas 59](#_Toc493679387)

[6.12 Plano de Partida e Operação da ETE 60](#_Toc493679388)

[7 ESTUDO DE AUTODEPURAÇÃO (MÉTODO DE STREETER-PHELPS) 62](#_Toc493679389)

[7.1 Informações Gerais do Corpo Receptor 62](#_Toc493679390)

[7.2 Vazão de Referência 62](#_Toc493679391)

[7.2.1 Metodologia empregada 62](#_Toc493679392)

[7.2.2 Características do corpo receptor no ponto de lançamento 62](#_Toc493679393)

[7.2.3 Considerações sobre a legislação ambiental 63](#_Toc493679394)

[7.3 Características Físico-químicas dos Esgotos Tratados 63](#_Toc493679395)

[7.4 Constantes adotadas no Estudo de Autodepuração 63](#_Toc493679396)

[7.4.1 Coeficiente de desoxigenação (K1) 63](#_Toc493679397)

[7.4.2 Coeficiente de reaeração (K2) 64](#_Toc493679398)

[7.4.3 Resumo dos coeficientes adotados 64](#_Toc493679399)

[7.5 Mistura do Esgoto Tratado e Corpo Receptor 64](#_Toc493679400)

[7.5.1 Vazão (Qm) 64](#_Toc493679401)

[7.5.2 Temperatura (Tm) 64](#_Toc493679402)

[7.5.3 Oxigênio dissolvido (ODm) 65](#_Toc493679403)

[7.5.4 Demanda bioquímica de oxigênio (DBOm) 65](#_Toc493679404)

[7.5.5 Concentração de DBO última da mistura (L0) 65](#_Toc493679405)

[7.5.6 Déficit inicial de OD (Dm) 65](#_Toc493679406)

[7.6 Correção de K1 e K2 para a Temperatura Ambiente 65](#_Toc493679407)

[7.7 Cálculo do Tempo Crítico (Tc) 66](#_Toc493679408)

[7.8 Cálculo da Distância Crítica (Dc) 66](#_Toc493679409)

[7.9 Perfil de Oxigênio Dissolvido 66](#_Toc493679410)

[7.10 Análise dos Resultados 67](#_Toc493679411)

[8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 68](#_Toc493679412)

[ANEXOS 70](#_Toc493679413)

1. Planilha de Dimensionamento da Rede Coletora
2. Análise da Qualidade da Água do Corpo Receptor
3. Especificação Técnica

# Apresentação

Em continuidade ao cumprimento do Objeto do Processo Licitatório “TOMADA DE PREÇOS” Nº 03/2015 e de seu decorrente contrato de prestação de serviços Nº 030/2015 a Empresa **OTTAWA ENGENHARIA LTDA** apresenta os **PROJETOS BÁSICO E EXECUTIVO DE AMPLIAÇÃO DO SISTEMA DE ESGOTOS DE POTIM – SP** que se constituem na segunda Etapa do Objeto do citado contrato.

No trabalho anteriormente apresentado, denominado: **DIAGNÓSTICO DO ATUAL SISTEMA DE ESGOTOS E ESTUDO DE CONCEPÇÃO foram** avaliadas três tecnologias de tratamento de esgotos para determinação da mais viável de aplicação sob os aspectos técnico e econômico. Verificou-se que o sistema de lagoas de estabilização e a modalidade compacta, através de reator UASB e filtro biológico percolador apresentaram custos de implantação semelhantes, porém um pouco favorável ao sistema de lagoas, que se encontra parcialmente implantado. Ocorre que a Prefeitura de Potim, após avaliar atentamente o Estudo de Concepção apresentado, optou pelo sistema compacto, que lhe permitirá aproveitar a sobra do terreno que será ocupado pela ETE para implantação de um Parque Ecológico e um Viveiro de Mudas para fomento às atividades de reflorestamento em seu município.

# INFORMAÇÕES CADASTRAIS

## Identificação do Empreendimento

* Tipologia: Sistema de Esgotos Sanitários
* Localidade: Sede municipal
* Município/UF: Potim – SP

## Contratante dos Serviços

* Razão Social: Prefeitura Municipal de Potim
* CNPJ: 65.042.855/0001-20
* Prefeita: Érica Soler Santos de Oliveira
* Endereço: Praça Miguel Correa dos Ouros, 101 Centro.
* Município/UF: Potim - SP
* CEP: 12.525-000
* Telefone: (12) 3112-9200
* Endereço eletrônico: planejamento.pmp@bol.com.br

## Responsabilidade Técnica pelo Projeto de Engenharia

* **Nome: Ottawa Engenharia Ltda**
* Endereço: Rua Nilton Baldo, 744

Bairro Jardim Paquetá

Belo Horizonte – MG / CEP: 31.330-660

* Telefax: (31) 3418-2175
* Endereço eletrônico: ottawaeng@terra.com.br

## Equipe Técnica

* Coordenador Geral do Projeto, Engenheiro Civil Especialista:

Carlos Mauro Novais Gonçalves

CREA-MG: 49.318/ D

* Engenheiro Civil:

Hudson Costa Rocha

CREA-MG: 99.507/D

* Engenheiro Projetista:

Olavo Ianhez Neto

CREA-MG: 154.912/D

* Engenheiro Orçamentista:

Gildácio Pereira Chagas

CREA-MG: 184.893/LP

* Geólogo:

Délio Corrêa Soares de Melo

CREA-MG: 56.649/D

* Engenheiro Eletricista:

Bernardo José Dias Coelho Cotta

CREA-MG: 42.292/D

* Consultor Ambiental:

Guilherme de Faria Barreto

Biologo CRBio: 30.774-4

* Agrimensor:

Venalço Ornelas de Azevedo

CREA-MG: 75.936/D

# CONCEPÇÃO DA PROPOSTA TÉCNICA

## Ampliação do Sistema de Coleta e Transporte de Esgotos

Conforme descrito no Relatório de Concepção foi proposto o aproveitamento da totalidade da rede coletora existente na cidade inclusive sua ampliação e também a implantação de interceptores e emissários de esgotos.

A ampliação do sistema de coleta de esgotos consiste em implantar um trecho de rede coletora, que ligará o Bairro Miguel Vieira inserido na sub-bacia-12, à rede coletora da cidade contida na área da sub-bacia-11.

A rede interceptora a implantar foi dividida em três segmentos denominados trechos “A”, “B” e “C”. Os interceptores “A” e “B” interceptarão os lançamentos de esgotos no Córrego Potim e o interceptor “C” os lançamentos no Rio Paraíba do Sul.

## Elevatórias de Esgotos e Respectivas Linhas de Recalque

Após cuidadosa análise do plano de escoamento da cidade verificou-se a necessidade de inserção de duas elevatórias neste sistema de esgotos.

A Elevatória 01 será implantada ao lado da desativada ETE Miguel Viera, e sua linha de recalque, em PVC DEFOFO DN 100 mm e 284,20 m de extensão, fará sua interligação ao primeiro PV da rede coletora que será implantada.

A elevatória 02 (final) será implantada na extremidade de jusante do interceptor “C” e sua linha de recalque, em PVC DEFOFO DN 250 mm e 707,48 m de extensão, fara sua interligação à unidade de tratamento preliminar da Estação de Tratamento de Esgotos que será implantada.

## Estação de Tratamento de Esgotos - ETE

A ETE Potim, conforme descrito no Relatório de Concepção, será implantada numa área situada na margem esquerda do Rio Paraíba do Sul cujas coordenadas de seu ponto central são X(E)=474.627 e Y(N)=7.474.284, e que guarda distância 280 m da residência mais próxima.

A modalidade do tratamento será composta de tratamento preliminar mecanizado, reatores uasb, filtro biológico percolador, decantador secundário, elevatória de recirculação, sanificador ultravioleta, leitos de secagem e unidade de apoio operacional.

Foi realizada, na área da ETE um trabalho de investigação geotécnica, apresentado em apenso para orientação ao desenvolvimento dos projetos estruturais e de fundações da unidades que compõem a ETE.

## Grau de Atendimento

Em termos de coleta de esgotos sanitários e tratamento o grau de atendimento da cidade após a implantação deste projeto será de 100%.

## Parâmetros de Projeto

* População de projeto P = 19.710 habitantes
* População de início de plano Pini = 15.893 habitantes
* Alcance do projeto ano 2047
* Consumo “*per capita*” de água (PMS Potim) q = 172,00 L/hab/dia
* Coeficiente de retorno c = 0,80
* Coeficiente do dia de maior descarga K1 = 1,2
* Coeficiente da hora de maior descarga K2 = 1,5
* Coeficiente da hora de menor descarga K3 = 0,5
* Taxa de infiltração permanente i = 0,0002 L/s/m
* Extensão da rede L = 42.000 m

## Vazões de projeto

### Vazões sem infiltração

#### Vazão média (QM)



#### Vazão mínima (Qm)



#### Vazão mínima de início de plano (Qmini)



#### Vazão máxima diária (QMD)



#### Vazão máxima horária (QMH)



### Vazão de infiltração

Qinf = L x q = 42.000 x 0,0002 = 8,40 L/s

### Vazões com infiltração

#### Vazão mínima (Qmín)

Qmín = Qm+ Qinf = 15,70 + 8,40 = 24,10 L/s

#### Vazão média (Qméd)

Qméd = QM + Qinf = 31,39 + 8,40 = 39,79 L/s

#### Vazão máxima diária (Qmáx-d)

Qmáx-d = QMD + Qinf = 37,67 + 8,40 = 46,07 L/s

#### Vazão máxima horária (Qmáx-h)

Qmáx-h = QMH + Qinf = 56,50 + 8,40 = 64,90 L/s

## Caracterização dos Esgotos

As características físicas químicas e biológicas dos esgotos “in natura”, admitidas no projeto da Estação de Tratamento de Esgotos de Potim, foram extraídas dos quadros a seguir apresentados:

1. Características Físicas Químicas



1. Características Biológicas



# RedeS coletoraS de esgotos

## Diretrizes Gerais

Realizou-se a verificação hidráulica das redes coletoras existentes, conforme demonstrado no Relatório de Concepção, e no presente Memorial apresenta em apenso o dimensionamento das redes coletoras e interceptoras a implantar, projetadas segundo o plano de escoamento racionalmente estabelecido e fundamentado nos levantamentos topográficos realizados nas áreas de interesse do projeto, na formulação matemática e nos parâmetros técnicos a seguir descritos.

## Quesitos a Serem Verificados e Atendidos

* Tensão Trativa mínima Tt > 0,6 Pa
* Vazão mínima de cálculo 1,5 L/s
* Velocidade máxima na tubulação 5,0 m/s
* Lâmina d’água máxima 75%
* Distância máxima entre PV’s 80 m
* Tubo de queda ≥ 0,50 m

## Diâmetros e Materiais

Os diâmetros das tubulações foram estabelecidos de acordo com as normas e especificações brasileiras e foi prevista a utilização de tubos de PVC e FºFº nos diâmetros 150 mm 200 mm e 250 mm.

## Tensão Trativa

Para todos os trechos das tubulações foram verificadas as tensões trativas médias, sendo o valor mínimo admitido igual a 0,6 Pa, valores esses impostos para garantir as condições de auto limpeza.

As tensões trativas (Tt), foram calculadas através das seguintes expressões matemáticas:

Tt = δ x RH x I









Obs.: o fator  é utilizado para converter o argumento das funções trigonométricas de graus para radianos.

Onde:

δ = peso específico do esgoto = 104 N/m3;

I = declividade do trecho (m/m);

D = diâmetro da tubulação;

y = altura da lâmina d’água;

Q = vazão no trecho;

n = coeficiente de *Manning* = 0,013.

## Declividade

As declividades mínimas das tubulações foram definidas para atendimento simultâneo aos critérios tensão trativa maior ou igual a 0,6 Pa e lâmina d’água menor ou igual a 75%.A declividade máxima é aquela que proporciona velocidade de escoamento igual a 5,0 m/s.

## Velocidade de Escoamento

A velocidade de escoamento do esgoto em tubulação de seção circular foi avaliada pela expressão:



## Lâmina d´Água

As lâminas d’água foram calculadas admitindo-se o escoamento em regime uniforme e permanente, sendo seu valor máximo expresso como percentual do diâmetro da tubulação no presente caso, 75%.

## Traçado da Tubulação

A definição do reticulado que representa o traçado das redes coletora e interceptoras foi determinado em campo através do levantamento planialtimétrico elaborado exclusivamente para este propósito, além de informações fornecidas pela prefeitura relativas às redes coletoras existentes que serão aproveitadas.

## Sistematização dos Cálculos

De acordo com o traçado das tubulações e a formulação matemática apresentada, elaboraram-se planilhas de dimensionamento das redes coletora e interceptoras de esgotos apresentadas em anexo. O carregamento dos interceptores foi realizado nos PV’s poços de visita de forma proporcional à sua área de drenagem conforme demonstrado no quadro a seguir:

1. Distribuição de Vazões

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **BACIA** | **ÁREA(m²)** | **qi (L/s)** | **qf (L/s)** | **PV de Lançamento** |
| **1** | 429.585,00 | 2,37 | 12,13 | PVC01 |
| **2** | 512.255,00 | 2,82 | 14,47 | PVC05 |
| **3** | 169.672,00 | 0,93 | 4,79 | PVC06 |
| **4** | 227.139,00 | 1,25 | 6,41 | PVE |
| **5** | 126.246,00 | 0,70 | 3,56 | PVB07 |
| **6** | 98.773,00 | 0,54 | 2,79 | PVB05 |
| **7** | 26.935,00 | 0,15 | 0,76 | PVB01 |
| **8** | 107.778,00 | 0,59 | 3,04 | PVE |
| **9** | 52.689,00 | 0,29 | 1,49 | PVA22 |
| **10** | 67.612,00 | 0,37 | 1,91 | PVA17 |
| **11** | 342.447,00 | 1,89 | 9,67 | PVA01 |
| **12** | 137.166,00 | 0,76 | 3,87 | ELEVATÓRIA |
| **TOTAL** | **2.298.297,00** | **12,66** | **64,90** |  |

## Quadro Resumo da Tubulação a Implantar

Apresenta-se a seguir o quadro resumo dos quantitativos e materiais empregados nas redes coletora e interceptora a implantar.

1. Quadro Resumo



# Elevatória de Transposição de Bacias (ee - 01)

## Justificativa

Conforme descrito no Estudo de Concepção o Bairro Miguel Vieira encontra-se em uma sub-bacia isolada e conta com uma pequena estação de tratamento de esgotos abandonada devido à dificuldades operacionais, portanto será implantada uma elevatória na área dessa ETE, com conjuntos motobomba submersíveis, cujo dimensionamento é apresentado a seguir.

## Informações para o Dimensionamento

* Vazão máxima 3,87 L/s
* Vazão mínima sem infiltração 1,44 L/s
* Extensão da linha de recalque 284,20 m
* Cota do NA máximo no poço de sucção 486,200 m
* Cota do NA mínimo no poço de sucção 485,600 m
* Cota crítica da linha de recalque 505,200 m
* Altura geométrica 19,600 m

## Escolha dos Diâmetros

### Diâmetro do barrilete (DB)

De forma a evitar velocidades altas no barriete adotou-se, DB = 80 mm.

### Diâmetro da linha de recalque (DR)

Para compatibilizar a curva do sistema com a curva da bomba empregou-se para a linha de recalque o diâmetro, DR = 100 mm.

## Cálculo da Altura Manométrica

### Perda de carga contínua na tubulação de recalque

Diâmetro do recalque (DR) 100 mm

Vazão (Qmáx) 3,87 L/s

Perda de carga unitária (J) 0,0030 m/m

Perda de carga (hfcr) 0,853 m

### Perdas de carga localizada no recalque

1. Perdas de Carga Localizadas

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Singularidades** | **Qte** | **DN (mm)** | **Vazão (L/s)** | **V (m/s)** | **K** | **hflr (m)** |
| Curva 90° | 1 | 40 | 3,87 | 3,08 | 0,40 | 0,193 |
| Ampliação | 1 | 40x80 | 3,87 | 3,08 | 0,56 | 0,271 |
| Curva 90° | 1 | 80 | 3,87 | 0,77 | 0,40 | 0,012 |
| Tubo L total = 3,20 m | 1 | 80 | 3,87 | 0,77 | 0,95 | 0,029 |
| Válvula de retenção | 1 | 80 | 3,87 | 0,77 | 2,75 | 0,083 |
| Registro de gaveta | 1 | 80 | 3,87 | 0,77 | 0,20 | 0,006 |
| Curva 45° | 1 | 80 | 3,87 | 0,77 | 0,20 | 0,009 |
| Tê passagem direta | 1 | 80 | 3,87 | 0,77 | 0,60 | 0,018 |
| Junção | 1 | 80 | 3,87 | 0,77 | 0,40 | 0,001 |
| Ampliação | 1 | 80x100 | 3,87 | 0,77 | 0,19 | 0,006 |
| Curva 90° | 1 | 100 | 3,87 | 0,49 | 0,40 | 0,005 |
| Saída de canalização | 1 | 100 | 3,87 | 0,49 | 1,00 | 0,012 |
| **Total** | | | | | | **0,656** |

### Perda de carga total

hf = hfcr + hflr

hf = 0,853 + 0,656 hf = 1,509 m

### Altura manométrica

Hman = Hg + hf

Hman = 19,600 + 1,509 Hman = 21,109 m

## Curvas da Bomba e do Sistema e Ponto de Operação

### Curva do sistema

Hm = Hg + r Q²



Hm = 19,600 + 0,1008 x Q²

As curvas do sistema foram obtidas através da fórmula racional de Darcy-Weisbach e as perdas de carga localizadas através da expressão decorrente do Teorema de Borda Belanger.

### Curva da bomba

Realizada a estimativa inicial do ponto de operação pesquisou-se em catálogos de moto bombas a que melhor atende a este ponto, e, na presente situação, o equipamento escolhido foi o da marca KSB modelo KRT K40-250, rotor 210 mm, 1750 rpm.

Organizou-se uma tabela de pares ordenados (vazão x altura manométrica), através do gráfico da curva da bomba fornecido pelo fabricante e em seguida obteve-se por regressão quadrática, um polinômio quadrático apresentado junto ao gráfico abaixo, que expressa a forma analítica da curva da bomba.

A partir da curva tabelada da bomba obteve-se por regressão quadrática a expressão analítica de sua curva:

Hman = - 0,0377 x Q² - 0,5906 x Q + 24,38

### Ponto de operação

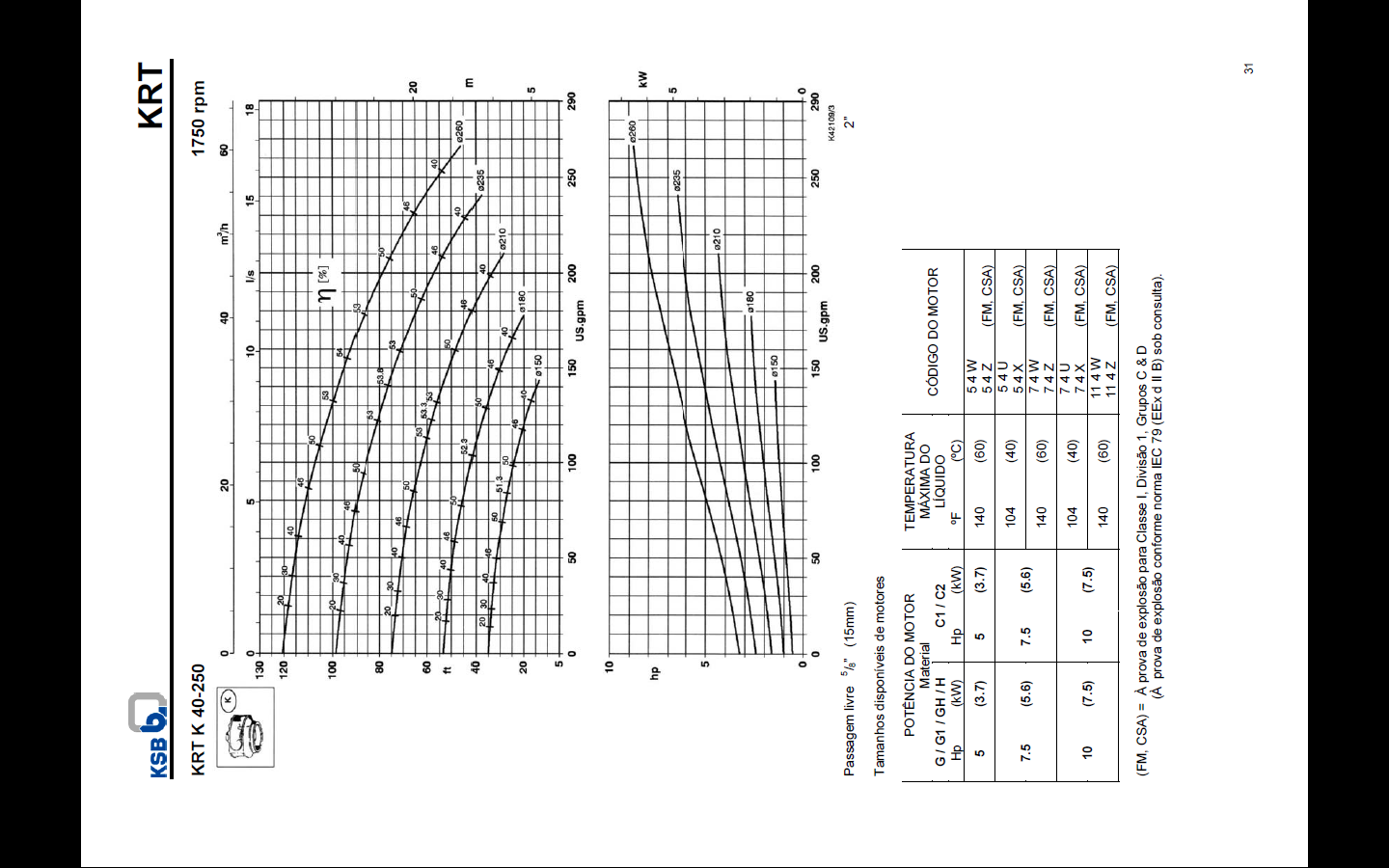
Solucionou-se o sistema formado pelas curvas da bomba e do sistema e obteve-se o ponto de operação do conjunto moto-bomba.

Q = 4,118 L/s Hman = 21,309 m

### Especificação dos conjuntos moto-bombas

* Marca KSB
* Modelo KRT K 40-250/54XG
* Diâmetro da descarga 40 mm
* Diâmetro do rotor 210 mm
* Diâmetro máximo de sólidos 15 mm
* Rotação 1.750 r.p.m.
* Rendimento da bomba 44 %
* Potência consumida 2,66 cv
* Potência do motor 7,5 cv
* Vazão da bomba 14,825 m³/h
* Altura manométrica 21,309 m

### Curva característica do conjunto moto bomba



### Dimensionamento do poço de sucção

#### Volume do poço de sucção

Para garantir a intermitência de 10 minutos entre duas partidas consecutivas do conjunto moto-bomba, é necessário um poço de sucção com volume útil (Vu) definido da seguinte forma.

(T1) tempo de enchimento do poço de sucção



Qe, vazão afluente de esgoto.

(T2) = tempo de esvaziamento do poço de sucção



QB - Vazão da bomba definida no item anterior.

(TC) Tempo do Ciclo

TC = T1 + T2 deve ser no mínimo igual a 10 minutos.



Através do cálculo diferencial determina-se o menor volume do poço de sucção que satisfaz a relação acima, expressa pela fórmula:

Vu ≥2,5 x QB

QB = 4,118 L /s 🡪 0,25 m³/min

Vu ≥2,5 x 0,25

Vu ≥0,62 m³

#### Caracterização do poço de sucção

* Formato Prismático
* Comprimento 1,70 m
* Largura 1,40 m
* Submergência mínima 0,40 m
* Altura útil 0,60 m
* Altura efetiva 0,70 m
* Volume útil 1,43 m³
* Volume efetivo 1,67 m³
* Vazão mínima sem infiltração 1,44 L/s
* Tempo de detenção hidráulico 19,28 minutos

### Linha de recalque

A linha de recalque apresentará as seguintes características hidráulicas e construtivas:

* Constituição PVC
* Diâmetro 100 mm
* Extensão 284,20 m
* Velocidade do fluxo 0,49 m/s

# Elevatória final (ee - 02)

## Justificativa

Durante o cadastro da elevatória final existente constatou-se que a estrutura da mesma encontra-se danificada e não possui condições de aproveitamento, portanto será implantada uma nova elevatória, na mesma área da existente, cujo dimensionamento é apresentado a seguir. Para a nova elevatória serão utilizados conjuntos motobomba submersíveis.

## Informações para o Dimensionamento

* Vazão máxima 64,90 L/s
* Vazão mínima sem infiltração 15,70 L/s
* Extensão da linha de recalque 715,50 m
* Cota do NA máximo no poço de sucção 476,100 m
* Cota do NA mínimo no poço de sucção 474,900 m
* Cota de chegada no tratamento preliminar da ETE 492,350 m
* Altura geométrica 17,450 m

## Escolha dos Diâmetros

### Diâmetro do barrilete (DB)

Utilizou-se para o barrilete um diâmetro comercial acima do diâmetro do bocal de descarga da bomba, ou seja, DB = 200 mm.

### Diâmetro da linha de recalque (DR)

Para compatibilizar a curva do sistema com a curva da bomba empregou-se para a linha de recalque o diâmetro, DR = 250 mm.

## Cálculo da Altura Manométrica

### Perda de carga contínua na tubulação de recalque

* Diâmetro do recalque (DR) 250 mm
* Vazão (Qmáx) 64,90 L/s
* Perda de carga unitária (J) 0,0064 m/m
* Perda de carga (hfcr) 4,579 m

### Perdas de carga localizada no recalque

1. Perdas de Carga Localizadas

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Singularidades** | **Qte** | **DN (mm)** | **Vazão (L/s)** | **V (m/s)** | **K** | **hflr (m)** |
| Curva 90° | 1 | 150 | 64,90 | 3,67 | 0,40 | 0,275 |
| Ampliação | 1 | 150x200 | 64,90 | 3,67 | 0,30 | 0,206 |
| Curva 90° | 1 | 200 | 64,90 | 2,07 | 0,40 | 0,087 |
| Tubo Ltotal = 5,00 m | 1 | 200 | 64,90 | 2,07 | 0,40 | 0,087 |
| Válvula de retenção | 1 | 200 | 64,90 | 2,07 | 2,50 | 0,546 |
| Registro de gaveta | 1 | 200 | 64,90 | 2,07 | 0,20 | 0,044 |
| Curva 45° | 1 | 200 | 64,90 | 2,07 | 0,20 | 0,044 |
| Junção | 1 | 200 | 64,90 | 2,07 | 0,40 | 0,087 |
| Redução | 1 | 200 | 64,90 | 2,07 | 0,15 | 0,000 |
| Ampliação | 1 | 200x250 | 64,90 | 2,07 | 0,30 | 0,066 |
| Curva 45º | 5 | 250 | 64,90 | 1,32 | 0,20 | 0,089 |
| Tê passagem direta | 1 | 250 | 64,90 | 1,32 | 0,60 | 0,056 |
| Curva 90º | 4 | 250 | 64,90 | 1,32 | 0,40 | 0,142 |
| Entrada descarga livre | 1 | 250 | 64,90 | 1,32 | 1,00 | 0,089 |
| **Total** | | | | | | **1,815** |

### Perda de carga total

hf = hfcr + hflr

hf = 4,579 + 1,815 hf = 6,394 m

### Altura manométrica

Hman = Hg + hf

Hman = 17,450 + 6,394 Hman = 23,844 m

## Curvas da Bomba e do Sistema e Ponto de Operação

### Curva do sistema

Hm = Hg + r Q²



Hm = 17,450 + 0,0015 x Q²

As curvas do sistema foram obtidas através da fórmula racional de Darcy-Weisbach e as perdas de carga localizadas através da expressão decorrente do Teorema de Borda Belanger.

### Curva da bomba

Realizada a estimativa inicial do ponto de operação pesquisou-se em catálogos de moto bombas a que melhor atende a este ponto, e o equipamento escolhido foi o da marca KSB modelo KRT K 150-401, 40 cv, 1160 rpm.

Organizou-se uma tabela de pares ordenados (vazão x altura manométrica), através do gráfico da curva da bomba fornecido pelo fabricante e em seguida obteve-se por regressão quadrática, um polinômio quadrático apresentado junto ao gráfico abaixo, que expressa a forma analítica da curva da bomba.

A partir da curva tabelada da bomba obteve-se por regressão quadrática a expressão analítica de sua curva:

Hman = - 2x10-7 x Q² - 0,1208 x Q + 33,53

### Ponto de operação

Solucionou-se o sistema formado pelas curvas da bomba e do sistema e obteve-se o ponto de operação do conjunto moto-bomba.

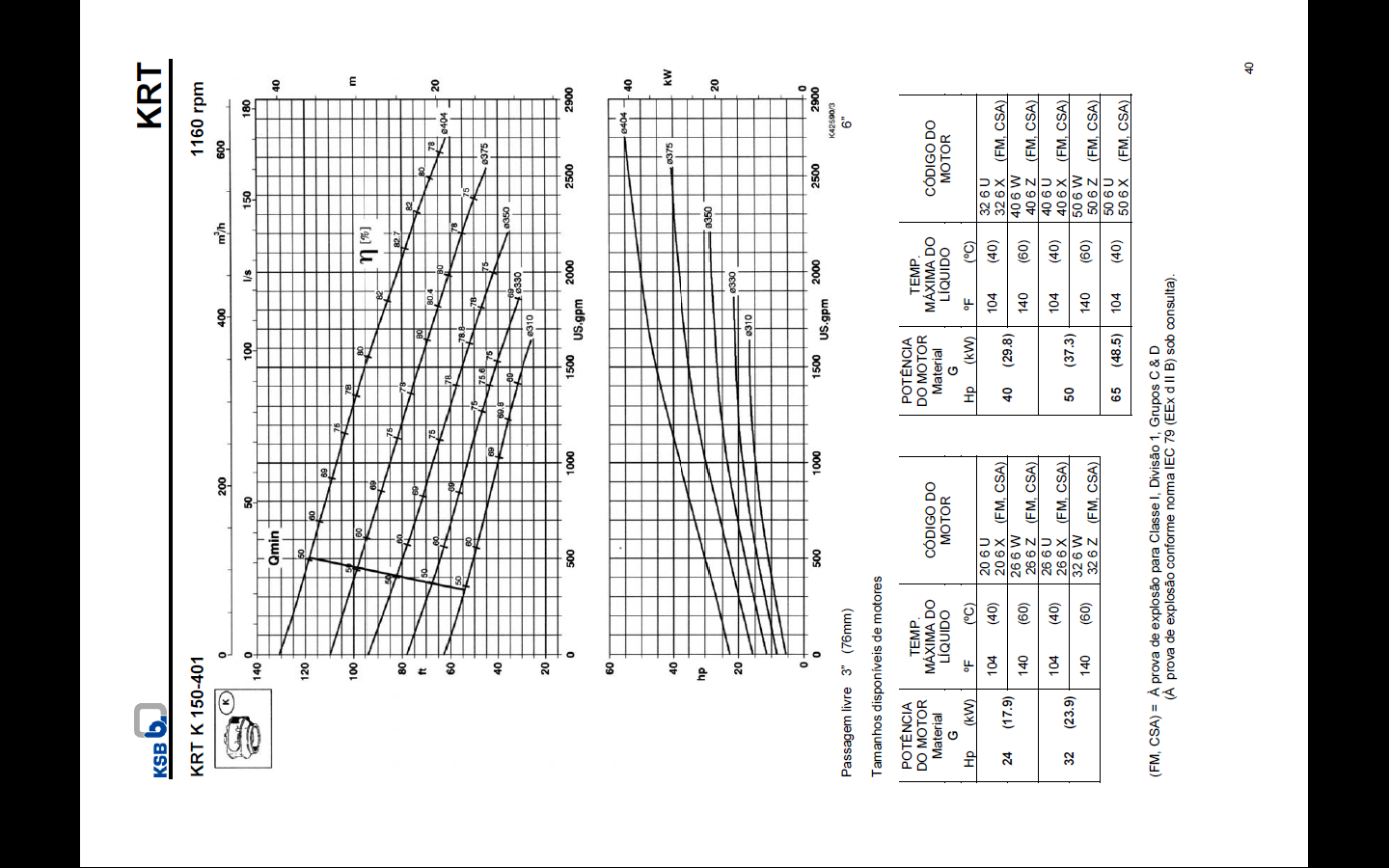
Q = 70,552 L/s Hman = 25,006 m

### Especificação dos conjuntos moto-bombas

* Marca KSB
* Modelo KRT K 150-401/32 6 U
* Diâmetro da descarga 150 mm
* Diâmetro do rotor 375 mm
* Diâmetro máximo de sólidos 42 mm
* Rotação 1.160 r.p.m.
* Rendimento da bomba 72 %
* Potência consumida 32,67 cv
* Potência do motor 40 cv
* Vazão da bomba 233,64 m³/h
* Altura manométrica 23,844 m

Apresenta-se a seguir o gráfico representativo dos cálculos anteriormente descritos.

### Curva característica do conjunto moto bomba



### Dimensionamento do poço de sucção

#### Volume do poço de sucção

Para garantir a intermitência de 10 minutos entre duas partidas consecutivas do conjunto moto-bomba, é necessário um poço de sucção com volume útil (Vu) definido da seguinte forma.

(T1) tempo de enchimento do poço de sucção



Qe, vazão afluente de esgoto.

(T2) = tempo de esvaziamento do poço de sucção



QB - Vazão da bomba definida no item anterior.

(TC) Tempo do Ciclo

TC = T1 + T2 deve ser no mínimo igual a 10 minutos.



Através do cálculo diferencial determina-se o menor volume do poço de sucção que satisfaz a relação acima, expressa pela fórmula:

Vu ≥2,5 x QB

QB = 70,552 L /s 🡪 4,23 m³/min

Vu ≥2,5 x 4,23

Vu ≥10,58 m³

#### Caracterização do poço de sucção

* Formato Prismático
* Comprimento 3,60 m
* Largura 2,50 m
* Submergência mínima 0,60 m
* Altura útil 1,20 m
* Altura efetiva 1,20 m
* Volume útil 10,80 m³
* Volume efetivo 10,80 m³
* Vazão mínima sem infiltração 15,70 L/s
* Tempo de detenção hidráulico 11,46 minutos

### Linha de recalque

A linha de recalque existente será aproveitada. Suas principais características hidráulicas e construtivas são:

* Constituição PVC
* Diâmetro 250 mm
* Extensão 715,50 m
* Velocidade do fluxo 1,32 m/s

# ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS

## Tratamento Preliminar

### Descritivo da Operação

Admitiu-se neste projeto uma unidade de tratamento preliminar ou de pré tratamento, composta por um equipamento eletromecânico que reúne as funções de peneiramento, desarenação e remoção de material graxo e que conduz os resíduos retirados do fluxo liquido às caçambas apropriadas para acúmulo e posterior transporte rodoviário ao local de sua destinação final. Estas características permitem que as operações de pré-tratamento ocorram sem a participação de operadores e com a mínima emanação de odores, como acontece nas estações convencionais.

O efluente procedente da elevatória final adentra o tanque de entrada, onde é peneirado, para remoção de sólidos de maiores dimensões, que em seguida são levados, compactados, desidratados e acondicionados temporariamente em caçambas metálicas. Os sólidos removidos podem ter seu volume reduzido em até 40% com eficiência e remoção de matéria orgânica superior a 90%. O efluente peneirado é descarregado num tanque de sedimentação, de geometria especial, onde ocorre a sedimentação das areias e restantes partículas sólidas de dimensões inferiores à malha de peneiramento. As areias são removidas do tanque de sedimentação, na operação conjugada de duas roscas transportadoras, uma horizontal e outra inclinada cuja saída é direcionada à segunda caçamba de acumulação.

Em prosseguimento o efluente peneirado e desarenado é submetido a processo de flotação para remoção do material graxo, que confere ao efluente deste processo remoção de teores de areia e matéria orgânica superiores a 90%. O equipamento é fornecido para instalação sobre uma superfície de concreto.

### Informações Gerais do Equipamento

* Marca Vibropac
* Modelo VUC 3 80
* Vazão de projeto 64,90 L/s
* Capacidade máxima 80,00 L/s
* Constituição material Aço inoxidável AISI 304
* Espirais Aço micro alloy
* Tampo Fechado - tampas de inspeção
* Espessura do tanque 3 mm
* Diâmetros de entrada e saída 300 mm

### Peneira Estática

* Tipo de malha: Orifícios
* Abertura da malha: 6 mm
* Sistema de limpeza da malha: Com escovas fixadas ao parafuso
* Nível máximo antes da malha 550 mm
* Inclinação do parafuso: 35º
* Comprimento total da peneira 4400 mm (incluindo moto redutor)
* Diâmetro externo do tambor: 500 mm
* Parafuso tipo: Espiral - Reforçado
* Diâmetro do parafuso na zona de peneiramento: 195 mm
* Sistema de limpeza da malha: Com escovas fixadas ao parafuso
* Sistema de lavagem na zona de peneiramento: Incluso (1,7 l/s e 5,0 Bar)
* Diâmetro do tubo exterior: 219 mm
* Espessura do tubo exterior: 3 mm
* Barras de atrito: Fixada com parafusos
* Moto redutor tipo: Eixos paralelos
* Potência instalada: 0,55 kW – Classe F, IP55 – 380 V - 60 Hz
* Velocidade: 7 rpm
* Saída vertical dos sólidos: Após zona de compactação
* Sistema de lavagem na zona de compactação: Incluso (0,6 l/s e 2,5 Bar)
* Tubo de retorno de liquido: Sim, montante da peneira
* Sistema de by pass da peneira Incluso
* Desempenho de compactação de sólidos: 35%

### Desarenador

* Tipo de parafuso horizontal (M2): Espiral sem eixo
* Diâmetro do parafuso horizontal: 195 mm
* Espessura do parafuso horizontal: 20 mm
* Barras de atrito: Com parafusos de fixação
* Espessura das barras: 8 mm
* Comprimento do parafuso horizontal: 9000 mm
* Potência instalada: 0,37 kW –classe F – IP55 - 380V - 60 Hz
* Parafuso de extração (M3): Sem eixo.
* Diâmetro do parafuso de extração: 195 mm
* Espessura do parafuso de extração: 15 mm
* Barras de atrito: Fixada com parafusos
* Espessura das barras: 8 mm
* Comprimento do parafuso: 6690 mm
* Potência instalada: 0,37 kW – classe F – IP 55 - 380 V – 60Hz
* Desempenho de remoção de areia: 95% (≥200µm)

### Removedor de Material Graxo

* Tipo Com lamina e corrente de tração em aço inox
* Bocal de saída de gordura: DN 125
* Potência instalada: 0,25 kW – classe F – IP 55 - 380 V – 60Hz
* Velocidade de rotação da lamina: 20 m/min
* Compressor de ar Incluso (30 Nm³/h a 0.5 bar – 1,1 kW)
* Desempenho de remoção de gordura: 80%

### Quantificação da Remoção de Sólidos

#### Sólidos retidos no peneiramento (VS)

* Taxa de retenção de sólidos 0,035 L/m3
* Vazão média afluente 3.438 m3/dia

VA = 0,035 x 3.438 logo, VA = 120,22 L/dia

#### Areia retida no desarenador (VA)

* Taxa de retenção de areia 0,030 L/m3
* Vazão média afluente 3.174 m3/dia

VA = 0,030 x 3.438 logo, VA = 103,14 L/dia

#### Material graxo retido (VG)

* Taxa de retenção de material graxo 0,107 L/m3
* Vazão média afluente 3.174 m3/dia

VA = 0,107 x 3.174 logo, VA = 367,86 L/dia

## Reatores UASB

### Parâmetros de dimensionamento

* DBO “per capita” 54 g DBO/hab/dia
* N° de habitantes 19.710
* Vazão média 3.437,86 m³/dia
* Vazão máxima 5.607,36 m³/dia
* Concentração de DBO 310 mg/L
* Relação DBO/DQO 0,60
* Concentração de DQO 516 mg/L
* Coeficiente de produção de sólidos (Y) 0,15 kg SST/kg DQOapl
* Coef. prod sólidos, em termos de DQO (Yobs) 0,21 kg DQOLodo/kg DQOapl
* Concentração do lodo de descarte C1 = 4%
* Densidade do lodo de descarte d4% = 1.020 kg/m³
* Concentração do lodo desidratado C2 = 50%
* Densidade do lodo desidratado d50% = 1.040 kg/m³

Carga afluente média de DQO:



### Adoção do tempo de detenção hidráulica (TDH)

TDH = 8 horas (temperatura do esgoto entre 20 e 26º C)

### Determinação do volume total do reator (V)

V = Qméd x TDH = 143,24 m3/h x 8 h = 1.145,95 m3

### Adoção da altura útil do reator (H)

H = 4,50 m

### Determinação da área do reator (A)

A = V/H A = 1,145,95 m3/4,50 m A = 127,33 m2

Serão adotadas duas unidades prismáticas de seção horizontal igual a:

a = 16,80 m

b = 7,80 m

### Verificação da área, do volume e do tempo de detenção

A = a x b x 2

A = 16,80 x 7,80 x 2

A = 131,04 m²

V = A x H

V = 131,04 x 4,50

V = 1.179,36 m³



### Verificação das cargas aplicadas

* + - 1. **Carga orgânica volumétrica**



* + - 1. **Carga hidráulica volumétrica**



### Verificação das velocidades superficiais



* + - 1. **Para Qméd = 143,24 m³/h**

vméd = 0,55 m/h

* + - 1. **Para Qmáx = 233,64 m³/h**

vmáx = 0,89 m/h

Valores recomendáveis segundo *Lettinga & Hulshoff*:

vméd < 0,50 m/h (preferencialmente), ou no máximo < 0,70 m/h

vmáx < 0,90 m/h (preferencialmente), ou no máximo < 1,11 m/h

### Sistema de distribuição do esgoto afluente

Número de tubos de entrada: Nd = 96 (48 para cada reator)

Área de influência (Ad) de cada tubo



Valores recomendáveis segundo *Lettinga & Hulshoff*

1,5 < Ad < 3,0 (m2)

### Caixa divisora de vazão

* Número de vertedouros: 6
* Vazão máxima: 0,06490 m³/s
* Vazão por vertedouro: 0,01082 m³/s
* Lâmina d’água no vertedouro: 0,143 m

### Caixa distribuidora de vazão

* Número de vertedouros: 4
* Vazão máxima: 0,01082 m³/s
* Vazão por vertedouro: 0,00270 m³/s
* Lâmina d’água no vertedouro: 0,082 m

### Estimativa da eficiência na remoção das demandas de oxigênio

#### DQO (Demanda química de oxigênio)

EDQO = 100 (1 – 0,68 x TDH–0,35)

EDQO = 100 (1 – 0,68 x 8,23–0,35) 🡺 EDQO = 67,48%

#### DBO (Demanda bioquímica de oxigênio)

EDBO = 100 (1 – 0,70x TDH–0,50)

EDBO = 100 (1 – 0,70x 8,23–0,50) 🡺 EDBO = 75,60%

### Estimativa das concentrações de DQO e DBO no efluente do UASB







### Dimensionamento do compartimento de decantação

#### Volume do decantador (Vd)

Vd = k x L x ( c x e + ( c + d ) x f / 2 );

Geometria dos decantadores:

* N° de unidades k = 12 (6 em cada reator)
* Comprimento L = 7,80 m
* Largura da seção retangular c = 2,20 m
* Abertura das passagens d = 0,70 m
* Altura da seção retangular e = 0,50 m
* Altura da seção trapezoidal f = 1,50 m

Cálculo do volume (Vd)

Vd = 12 x 7,80 x (2,20 x 0,50 + (2,20 + 0,70) x 1,50/2);

Vd = 306,54 m³

#### Área do decantador (Ad)

Ad = k x c x L

Ad = 12 x 2,20 x 7,80

Ad = 205,92 m²

#### Verificação das taxas de aplicação superficial (TAS)



Para Qméd = 143,24 m³/h

TAS = 0,7 m/h

Para Qmáx = 233,64 m³/h

TAS = 1,1 m/h

As taxas de aplicação superficiais estão de acordo com os valores recomendados pela literatura técnica que são:

Para Qméd TAS ≤ 0,6 a 0,8 (m/h)

Para Qmáx TAS < 1,2 m/h

#### Verificação dos tempos de detenção hidráulica (TDH)



Para Qméd = 143,24 m³/h

TDH = 2,14 h

Para Qmáx = 233,64 m³/h

TDH = 1,31 h

Comentários sobre os tempos de detenção hidráulicos

Para Qméd TDH > 1,5 h

Para Qmáx TDH > 1,0 h

### Dimensionamento das passagens para o decantador

Considerando 1 passagens por decantador, têm-se:

#### Área de uma passagem (A1P)

A1P= L x p 🡺(p é a largura das passagens para o decantador = 0,70 m)

A1P = 7,80 x 0,70 = 5,46 m2

Área total das passagens (AP)

AP= 12 x 5,46 = 65,52 m²

#### Velocidades nas passagens

V = Q/AP

Para Qméd = 143,24 m³/h

Vméd = 2,19 m/h

Para Qmáx = 233,64 m³/h

Vmáx = 3,57 m/h

Recomenda-se que:

Vméd < 2,0 a 2,3

Vmáx < 4,0 a 4,2

### Escolha do diâmetro dos tubos de entrada





v = 0,2 m/s (recomendada)



D = 65,55 mm D adotado= 60 mm

Bocal de saída



v = 0,4 m/s (recomendada)



D = 36,30 m D adotado= 32 mm

### Avaliação da produção de lodo

PLodo = Y x DQOapl

PLodo = 0,15 x 1.773,87

PLodo = 266,08 kg SST/dia

Volume de lodo descartado com concentração de 4% de sólidos



VLodo = 6,52 m3/dia

### Avaliação da produção de metano

DQOCH4 = Qméd [ S0 (1 - Yobs) - S]

DQOCH4 = 3.437,86 [0,516 (1 – 0,21) - 0,168]

DQOCH4 = 824,48 kg DQO/dia





### Avaliação da produção de biogás

Admite-se que o metano represente 75% do biogás logo se tem:



### Verificação da taxa de liberação de biogás

#### Área disponível para coleta de biogás (Ag)

Ag = k x L x g; 🡺 (g é a largura dos coletores de gás = 0,20 m)

Ag = 12 x 7,80 x 0,20

Ag = 18,72 m²

Qbiogás = 417,99 m3/dia

Qbiogás = 17,42 m3/hora



(a taxa mínima recomendada é 1,0 m3/m2/h).

#### Tubulação coletora de biogás:

Para esta tubulação foi admitido um diâmetro que não permita velocidade do fluxo superior a Vbiogás = 3,60 m/s, ou seja:



Para a tubulação comum para os dois reatores:

Qbiogás = 17,42 m3/hora



D ≥ 0,041 m para a tubulação comum para os dois reatores

Adotado D = 50 mm (2”)

Para cada reator

Qbiogás = 8,71 m3/hora



D ≥ 0,029 m para a tubulação de apenas um reator

Adotado D = 32 mm (1.1/2”)

### Disposição final do biogás

Previu-se a implantação de um queimador de gás aplicável à presente situação onde se queira dispor na atmosfera, de forma ambientalmente correta, o biogás resultante da decomposição anaeróbia de massa orgânica e que apresente vazão inconstante e baixa pressão.

O equipamento especificado será composto por duas partes principais. A primeira é o ignitor que tem a função de gerar a alta tensão que será utilizada pelos eletrodos (velas) para gerar a centelha. Seu acondicionamento será em caixa plástica apropriada para instalações externas, ou seja, ao tempo. A segunda parte do equipamento é o queimador que promoverá a mistura do biogás com o ar atmosférico e serve de suporte para os condutores de alta tensão e dos eletrodos. A estrutura do queimador será constituída em aço inox, resistente à corrosão, apesar da grande agressividade do ambiente de sua instalação. Os isoladores elétricos serão de material de alta durabilidade e não higroscópico. As tubulações que aduzirão o biogás, a partir do reator UASB, até o próprio queimador serão de aço carbono, as válvulas de bronze e o tanque corta chamas em chapa de aço com pintura de proteção anti-corrosiva.

## Filtro Biológico Percolador

### Justificativa técnica

A qualidade dos efluentes dos reatores UASB empregados nos tratamentos de esgotos sanitários, em geral, não atende às exigências ambientais. Consequentemente é necessária a aplicação de um sistema complementar de pós-tratamento para a melhoria do efluente final da estação.

No presente caso, em decorrência de análise ambiental e financeira realizada previamente, adotou-se para o pós-tratamento do efluente dos reatores UASB FBP’s: filtros biológicos percoladores. Assim os FBP’s juntamente com os reatores UASB e também os decantadores secundários constituirão um sistema de depuração de esgotos capaz de produzir um efluente tratado em condições de ser lançado em corpo receptor.

### Dados para dimensionamento

* Vazão média Qméd = 39,79 L/s
* Vazão máxima diária Qmáx-d = 46,07 L/s
* Vazão máxima horária Qmáx-h = 64,90 L/s
* DBO média afluente 75,54 mg/L
* Carga de DBO afluente (LF) 259,70 kg DBO5/dia
* Eficiência dos reatores UASB 75,60 %
* Fator de recirculação 0,5
* Vazão de recirculação QR = 19,90 L/s

### Adoção dos principais parâmetros operacionais

#### Taxa de aplicação hidráulica (TAH)

Admitiu-se uma taxa de aplicação hidráulica que enquadre o filtro biológico na categoria de alta taxa, logo:

TAH = 18,00 m³/m²/dia

#### Carga orgânica volumétrica (COV)

Em se tratando de filtro biológico de alta taxa, admitiu-se a seguinte carga orgânica volumétrica:

COV = 0,55 kg DBO5/m³/dia

### Seção horizontal do filtro (AH)

Admitiu-se uma unidade cilíndrica, portanto:



O diâmetro correspondente será:



### Volume do meio suporte (VMS)

A partir da seção horizontal definida no item anterior tem-se:



A altura da camada do meio suporte do filtro será:



### Arranjo das camadas do filtro

* Altura do meio suporte (h1) = 2,20 m
* Altura do fundo falso (h2) = 0,90 m
* Altura da lâmina livre (h3) = 0,50 m
* Altura útil (h4) h1+ h2+ h3 = 3,60 m

### Geometria do filtro biológico

* Nº de unidades 01
* Formato cilíndrico
* Diâmetro adotado 16,00 m
* Altura útil 3,10 m
* Seção horizontal real 201,06 m²
* Volume real do meio suporte 442,34 m³

### Verificação das condições operacionais das unidades

Apresenta-se a seguir o resumo dos principais parâmetros operacionais das unidades projetadas:

#### Tempo de aplicação hidráulica (TAH)

* TAH para Qméd = 17,1 m³/m²/d recomendado (15 a 18 )
* TAH para Qmáx-d = 19,8 m³/m²/d recomendado (18 a 22 )
* TAH para Qmáx-h = 27,9 m³/m²/d recomendado (24 a 30 )

#### Carga orgânica volumétrica (COV)

* COV = 0,60 recomendado (0,5 a 1,00 KgDBO/m³/d)

### Eficiências do tratamento

#### Eficiência do filtro biológico (EF)



EF = 67,51%

#### Eficiência do sistema (UASB + Filtro Biológico)



ES = 76,60 + 67,51 – 76,60 x 67,51 / 100

ES = 92%

### Estimativa de concentração de DBO no efluente final





S = 24,54 mg/L

### Avaliação da produção de lodo

* Taxa de produção de Iodo (y) 0,75 kgSST/kgDQOrem
* Concentração de DBO efluente do UASB 75,54 mg/L
* Concentração de DBO efluente do filtro 24,54 mg/L
* Carga de DBO removida (DBOrem) 175,33 kgDQO/dia
* Concentração de Iodo (C) 1%
* Densidade do Iodo (d) 1.020 kg/m³

Portanto:

PLodo = y x DBOrem

PLodo = 0,75 x 175,33

PLodo = 131,50 kg SST/dia

Admite-se que os sólidos voláteis representem 75% dos sólidos totais logo:

PLodo Volátil = 0,75 x 131,50

PLodo Volátil = 98,62 kgSSV/dia

A produção de lodo para descarte no Filtro Biológico foi avaliada a partir da redução de 20% do lodo volátil, logo:

P’Lodo = 131,50 – 0,20 x 98,62

P’Lodo = 111,77 kgSS/dia



VLodo = 10,96 m³/dia

## Decantador Secundário

### Seção horizontal do decantador (AH)

Conforme recomenda a NBR 12.209 de abril de 1992, a taxa de aplicação superficial deve ser igual ou inferior a 36 m³/m²/dia.

No presente caso adotou-se:

TAS = 28 m³/m²/dia, logo:



O diâmetro correspondente a esta área é:



### Tempo de detenção hidráulico (TDH)

A NBR 12.209 de abril de 1992 recomenda que o tempo hidráulico (TDH) seja igual ou superior a 1,5 hora, e a altura mínima da água junto a parede seja de 2,00 metros. Admitiu-se, portanto, uma altura de 2,90 metros para as paredes verticais dos decantadores, logo:



### Taxa de escoamento linear (TEL) sobre o vertedor

Finalmente a NBR 12.209 também recomenda que a taxa de escoamento linear não exceda a 290 m³/m/dia.

Para este cálculo admitiu-se a vazão máxima horária, portanto:



## Elevatória de Recirculação

### Justificativa

A elevatória de recirculação tem a função de garantir a aspersão contínua do efluente sobre o meio suporte, principalmente nas horas do dia em que o aporte de esgotos à ETE for insuficiente para tal. Para este sistema de recalque, a exemplo das elevatórias no final dos interceptores e após o tratamento preliminar, também serão empregados conjuntos moto-bombas submersíveis. A vazão de recirculação, conforme preconiza a literatura técnica especializada corresponde a 50% da vazão média de projeto.

### Informações para o dimensionamento

* Vazão de recirculação 19,90 L/s
* Extensão da linha de recalque 68,00 m
* Cota do NA máximo no poço de sucção 481,100 m
* Cota do NA mínimo no poço de sucção 480,500 m
* Cota de chegada no reator Filtro Biológico Percolador 488,610 m
* Altura geométrica de recalque 8,11 m

### Escolha dos Diâmetros

* + - 1. **Diâmetro do barrilete (DB)**

Utilizou-se para o barrilete um diâmetro acima do diâmetro do bocal de descarga da bomba, ou seja, DB = 100 mm.

* + - 1. **Diâmetro da linha de recalque (DR)**

Para compatibilizar a curva do sistema com a curva da bomba empregou-se para a linha de recalque o diâmetro, DR = 150 mm.

### Cálculo da altura manométrica

* + - 1. **Perda de carga contínua na tubulação de recalque**
* Diâmetro do recalque (DR) 150 mm
* Vazão (Qmáx) 19,90 L/s
* Perda de carga unitária (J) 0,0086 m/m
* Perda de carga (hfcr) 0,585 m
  + - 1. **Perdas de carga localizada no recalque**

1. Perdas de Carga Localizadas

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Singularidades** | **Qte** | **DN (mm)** | **Vazão (L/s)** | **V (m/s)** | **K** | **hflr (m)** |
| Curva 90º | 1 | 80 | 19,90 | 3,96 | 0,40 | 0,320 |
| Ampliação | 1 | 80x100 | 19,90 | 3,96 | 0,30 | 0,240 |
| Curva 90º | 1 | 100 | 19,90 | 2,53 | 0,40 | 0,130 |
| Tubo Ltotal = 4,00 m | 1 | 100 | 19,90 | 2,53 | 0,94 | 0,307 |
| Válvula de retenção | 1 | 100 | 19,90 | 2,53 | 2,50 | 0,816 |
| Registro de gaveta | 1 | 100 | 19,90 | 2,53 | 0,20 | 0,065 |
| Curva 45º | 1 | 100 | 19,90 | 1,13 | 0,20 | 0,065 |
| Junção | 2 | 100 | 19,90 | 2,53 | 1,30 | 0,848 |
| Ampliação | 1 | 100x150 | 19,90 | 2,53 | 0,30 | 0,098 |
| Curva 90º | 1 | 150 | 19,90 | 1,13 | 0,40 | 0,026 |
| Curva 90º | 1 | 300 | 19,90 | 0,28 | 0,40 | 0,002 |
| Tê saída lateral | 1 | 300 | 19,90 | 0,28 | 1,30 | 0,005 |
| Tê passagem direta | 1 | 300 | 19,90 | 0,28 | 0,60 | 0,002 |
| Registro de gaveta | 1 | 300 | 19,90 | 0,28 | 0,20 | 0,001 |
| Tubo Ltotal = 8,53 m | 1 | 100 | 19,90 | 2,53 | 0,80 | 0,003 |
| Saída de tubulação | 1 | 300 | 19,90 | 0,28 | 1,00 | 0,004 |
| **Total** | | | | | | **2,932** |

* + - 1. **Perda de carga total**

hf = hfcr +hflr

hf = 0,585 +2,932 hf = 2,932 m

* + - 1. **Altura manométrica**

Hman = Hg + hf

Hman = 8,110 + 3,517 Hman = 11,627 m

### Curvas da bomba e do sistema e ponto de operação

Hm = Hg + r Q²



Hm = 11,627+ 0,0089x Q²

A partir da curva tabelada da bomba previamente selecionada obteve-se por regressão quadrática sua expressão analítica apresentada junto ao seu gráfico.

Solucionou-se o sistema formado pelas curvas da bomba e do sistema e obteve-se o ponto de operação do conjunto moto bomba.

Q = 19,90 L/s Hman = 11,627 metros

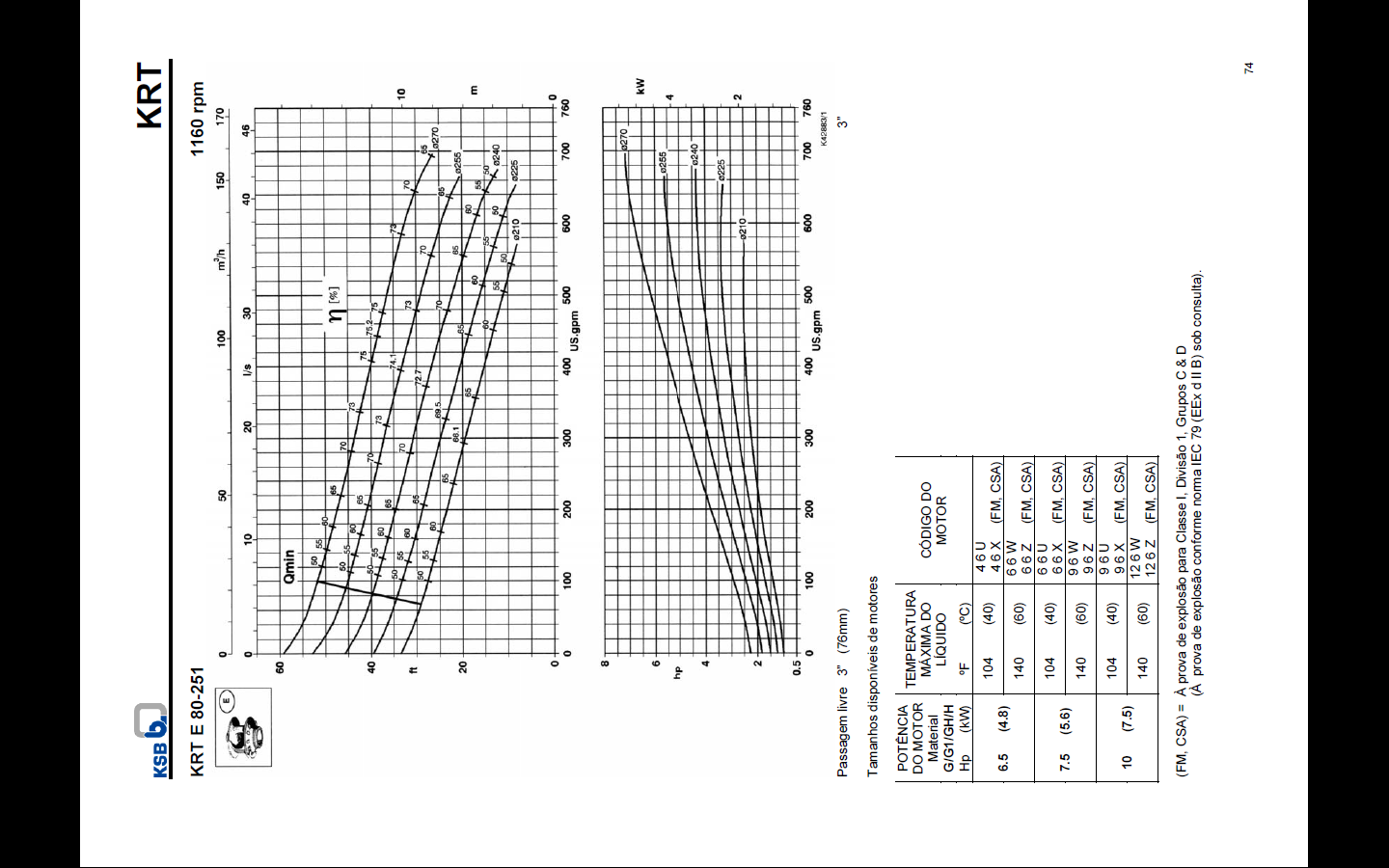
### Especificação dos conjuntos motobombas

* Marca KSB
* Modelo KRT E 80 - 251
* Diâmetro da descarga 80 mm
* Diâmetro do rotor 270 mm
* Rotação 1.160 r.p.m.
* Rendimento da bomba 73,50%
* Potência consumida 5,19 cv
* Potência admitida para o motor 7,50 cv
* Vazão da bomba 22,605 L/s
* Altura manométrica 12,650 m

Apresenta-se a seguir o gráfico representativo dos cálculos descritos.

### Obtenção gráfica do ponto de operação

### Curva de desempenho do conjunto motobomba



### Poço de sucção

* + - 1. **Volume do poço de sucção**

O poço de sucção da elevatória de recirculação cumprirá a função de abastecer os conjuntos moto bombas e seu nível mínimo será assegurado pela cota de saída da caixa da unidade de sanitização. Suas dimensões são estabelecidas em função da locação das bombas nela instaladas. Após desenhar todos estes elementos obtiveram-se então as dimensões do poço de sucção.

* + - 1. **Caracterização do poço de sucção**
* Formato Prismático
* Comprimento 2,90 m
* Largura 2,80 m
* Submergência mínima 0,60 m
* Altura útil 0,60 m
* Volume útil 4,87 m³
* Tempo de esvaziamento 4,08 minutos\*
* Tempo de enchimento 2,04 minutos\*\*
* Tempo mínimo de um ciclo 6,12 minutos

O tempo de um ciclo é inferior a 10 minutos, portanto foi previsto no projeto elétrico um temporizador para o conjunto motobomba de forma a garantir o tempo de ciclo superior a 10 minutos e, dessa maneira, assegura a longevidade do equipamento de recalque.

\* Admitiu-se, a favor da segurança, que durante o esvaziamento a vazão afluente à elevatória seja nula.

\*\* Admitiu-se que a vazão de enchimento seja a vazão média ao sistema.

### Linha de recalque

A linha de recalque, que interligará a elevatória de recirculação à canaleta de saída do reator UASB, terá as seguintes características:

* Constituição PVC DEFOFO
* Diâmetro 150 mm
* Extensão 68,00 m
* Velocidade do fluxo 1,13 m/s

## Sanitização dos Esgotos Tratados

### Objetivo

A sanitização do efluente ETE tem por objetivo assegurar que no corpo receptor, mesmo após os lançamentos dos esgotos tratados, não tenha sua concentração de coliformes fecais elevada além do limite superior estabelecido pela legislação vigente, para cursos d’água de Classe 2.

### Qualidade do Efluente e exigência de Sanitização

A literatura técnica apresenta tabelas que indicam “prognósticos de concentração de coliformes termotolerantes em função do sistema de tratamento adotado” (VON SPERLING, 1995). Na presente situação a utilização de reator UASB seguido de filtro biológico percolador e decantador secundário, proporciona uma eficiência de 99% de remoção de coliformes, assim estima-se, conforme demonstrado a seguir, a concentração de coliformes afluentes ao dispositivo de sanitização.

* Vazão média 3.438 m³/dia
* População de final de plano 19.710 habitantes
* Concentração de DBO 24 mg/L
* Concentração média de SST 28 mg/L
* Turbidez média afluente 18 UT
* Produção “per capita” de coliformes fecais 4,00 x 1010 org/dia
* Carga de coliformes fecais 7,90 x 1014 org/dia
* Concentração de CF no efluente bruto 2,30 x107 org/100mL
* Remoção de CF no tratamento 99%
* Concentração de CF no efluente tratado 2,03 x105 org/100mL
* Exigência de sanitização 99,9%

### Parâmetros de Projeto

* Vazão Máxima Diária 46,07 L/s
* Vazão média 39,79 L/s
* Vazão mínima 24,10 L/s
* Transmitância média 59%

### Agente Sanitizante Empregado

Pretende-se sanitizar o efluente tratado na ETE através de radiação ultravioleta.

### Especificação do equipamento

* Marca Germetec
* Modelo IL1250 ’WW Summit
* Forma de exposição Fluxo em linha
* Potencia das lâmpadas novas no fluxo máximo 13,5 kW
* Dosagem UV red 15 mJ/cm²
* Dosagem UV média 33 mJ/cm²
* Perda de pressão @ 46,07 33 cm
* Limite hidráulico do modelo 147,20 L/s
* Concentração esperada de CF no efluente sanitizado 1,00 x105 org/100mL

## Leitos de Secagem

### Cálculo da área necessária

* Produção diária de lodo nos reatores 266,08 kg SST/dia
* Produção diária de lodo nos decantadores 111,77 kg SST/dia
* Produção diária total de lodo 377,85 kg SST/dia
* Volume correspondente a 3% de concentração 12,35 m³/dia
* Período de descarte 10 dias
* Massa de lodo a ser descartada 3.778,53 kg SST
* Volume de lodo a 3% de concentração 123,50 m³
* Taxa de aplicação de sólidos 15 kg sst/m²
* Área de secagem necessária 251,90 m²

### Caracterização das células de secagem

* Número de unidades 2
* Formato retangulares
* Comprimento de cada célula 15,00 m
* Largura de cada célula 8,25 m
* Área de uma célula de secagem 123,75 m²
* Área permanente de secagem 247,50 m²
* Altura livre de cada célula 0,60 m

### Verificação da lâmina aplicada (e)

* Volume de lodo descartado na dezena 123,50 m³
* Área permanente de secagem 247,50 m²
* Lâmina aplicada 0,50 m

Para compatibilizar o período de descarte de lodo (10 dias) com o período estimado necessário para desidratação do lodo (15 dias) serão implantadas no total 4 células de secagem.

### Volume teórico de lodo desidratado (VLD)



VLD= 0,73 m3/dia

### Vazão de drenados

* Vazão lodo fresco 12,35 m³/dia
* Vazão lodo desidratado 0,73 m³/dia
* Vazão de drenados 11,62 m³/dia

O líquido drenado dos leitos de secagem retornará à rede coletora em tubulação sob o regime de condutos livres.

## Unidade de Apoio Operacional

Esta edificação destina-se a promover o apoio operacional da ETE, e será composta de laboratório, para algumas análises físico-químicas, vestiários masculino e feminino inclusive as respectivas instalações sanitárias, salas do operador e de equipamentos, copa, depósito e área de tanque.

Sob o aspecto construtivo, a unidade de apoio será constituída de paredes em alvenaria de blocos de concreto, cobertura com telhas onduladas de fibrocimento, pisos em cerâmica e concreto desempenado, esquadrias metálicas (janelas) e em madeira de lei (portas). Os revestimentos, tanto interno quanto externo, serão do tipo reboco paulista pintura látex sem massa corrida.

As paredes internas da instalação sanitária receberão também um barrado de azulejo branco.

## Disposição Final dos Esgotos Tratados

O lançamento dos esgotos tratados será realizado na margem esquerda do Rio Paraíba do Sul em condições de satisfazer às prescrições das Resoluções CONAMA nº 357/2005 e nº 430/2011, além da Lei Estadual nº 8.468/1976.

## Disposição Final dos Resíduos Sólidos

### Quantificações dos resíduos gerados na ETE

* Gradeamento 43,88 m³/ano
* Desarenador 37,65 m³/ano
* Material graxo 134,27 m³/ano
* Lodo desidratado 266,45 m³/ano
* Total 482,25 m³/ano

### Resíduos do tratamento preliminar

Os resíduos provenientes da unidade de tratamento preliminar serão recolhidos automaticamente pelo equipamento e depositado nas caçambas posicionados ao lado dessa unidade, para posteriormente encaminhados para sua correta disposição final em aterro sanitário de Cachoeira Paulista, para onde o município encaminha seus resíduos sólidos urbanos.

### Lodo desidratado

O lodo desidratado poderá ser submetido a processo de compostagem, ou também encaminhado para aterro sanitário.

## Infraestrutura Básica, Urbanização e Paisagismo

### Infraestrutura básica

O empreendimento contará com a infra-estrutura básica tal como abastecimento de água potável, energia elétrica, drenagem pluvial e vias de acesso e de circulação interna pavimentadas que permitirão o tráfego de veículos, mesmo nos períodos chuvosos do ano.

### Drenagem Pluvial

A área da ETE e sua estrada de acesso serão dotadas de elementos de drenagem urbana com a finalidade de permitir seu funcionamento mesmo durante a ocorrência de chuvas intensas. Foram previstas implantação de sarjetas, bocas de lobo e rede tubular. Apresenta-se a seguir o dimensionamento do sistema de drenagem proposto para a ETE POTIM.

1. Modelo matemático empregado

O cálculo da vazão máxima de projeto visando o dimensionamento hidráulico dos elementos de drenagem pluvial foi realizado através do Método Racional, aplicável aos projetos de microdrenagem.

1. Área de drenagem

Considerou-se como área de drenagem a área do terreno efetivamente ocupada pelo empreendimento e sua estrada de acesso, ou seja, 18.000 m² e 2.500 m² respectivamente. Ressalta-se que as áreas em estudo apresentam declividade direcionada ao Rio Paraíba do Sul.

1. Intensidade pluviométrica

A estimativa da intensidade pluviométrica da região foi obtida a partir da equação intensidade-duração-frequência a seguir apresentada, estabelecida pelo software aberto Plúvio, admitido um período de retorno de dez anos e tempo de concentração de dez minutos.

 onde,

T = Período de retorno (10 anos);

t = Duração da chuva (10 minutos).

I = Intensidade de chuva calculada igual a 153,65 mm/h;

1. Coeficiente de escoamento superficial direto

O coeficiente de escoamento superficial utilizado na caracterização da área de drenagem foi estimado em 0,90.

1. Cálculo da vazões

Na metodologia do *MÉTODO RACIONAL*, a vazão máxima ou de pico é calculada pela expressão:

Q = 0,00278.C.I.A,

* Coeficiente de escoamento superficial “C” 0,90
* Intensidade pluviométrica “I” 153,65 mm/h
* Área de drenagem da estrada de acesso (Área 01) 0,4077 ha
* Área de drenagem da ETE (Área 02) 0,2322 ha
* Área de drenagem total 0,6399 ha
* Vazão de lançamento “Q1” 0,090 m³/s
* Vazão de lançamento “Q2” 0,150 m³/s
* Vazão de lançamento “QT” 0,240 m³/s
* Vazão de esgotos tratados 0,065 m³/s

1. Dimensionamento da rede tubular

A partir das vazões de drenagem e declividades da tubulação elaborou-se a planilha de dimensionamento hidráulico a seguir apresentada:

1. Dimensionamento Hidráulico Rede Tubular de Drenagem Pluvial

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **CÁLCULO HIDRÁULICO - SISTEMA DE DRENAGEM** | | | | | | | |
| **Trecho** | | **Extensão** | **Declividade** | **Diâmetro** | **Vazão** | **Lâmina** | **Velocidade** |
| **m** | **m/m** | **mm** | **m³/s** | **%** | **m/s** |
| BL-01 | PVD-01 | 2,50 | 0,2000 | 600 | 0,160 | 17,94 | 4,65 |
| PVD-01 | PVD-02 | 50,00 | 0,0071 | 600 | 0,160 | 41,06 | 1,46 |
| PVD-02 | PVD-03 | 68,00 | 0,0015 | 600 | 0,160 | 66,30 | 0,80 |
| PVD-03 | PV-05 | 53,00 | 0,0019 | 600 | 0,160 | 60,95 | 0,89 |
| BL-02 | PV-05 | 11,50 | 0,1910 | 600 | 0,090 | 22,52 | 3,36 |
| PV-05 | PV-06 | 80,00 | 0,0062 | 600 | 0,315 | 64,98 | 1,62 |
| PV-06 | PV-07 | 80,00 | 0,0062 | 600 | 0,315 | 64,98 | 1,62 |
| PV-07 | PV-08 | 80,00 | 0,0062 | 600 | 0,315 | 64,98 | 1,62 |
| PV-08 | Lançamento | 75,40 | 0,0132 | 600 | 0,315 | 50,83 | 2,18 |

### Isolamento da área

A área da ETE já conta com cerca perimetral que será recuperada e ao longo da mesma serão plantadas mudas de sansão do campo, uma a cada 80 centímetros para composição paisagística e impedir o acesso de pessoas estranhas e de animais sinantrópicos.

Para o controle de acesso de veículos e pessoas às unidades do empreendimento também serão implantados portões para veículos e pedestres.

### Elementos a serem implantados

Com o intuito de harmonizar a ETE com o meio na qual estará inserida, além de dotá-la de elementos que lhes forneçam condições ideais de operação, foi proposta a inclusão dos elementos de urbanização e paisagismo descritos a seguir:

* Passeio cimentado em volta das unidades;
* Área de circulação interna e pista de acesso pavimentadas;
* Cerca de arame farpado e tela, com mourões de concreto;
* Cerca viva com plantio de Sansão do Campo;
* Portão para veículos;
* Portão de pedestres
* Grama para proteção dos taludes;
* Plantio de mudas de árvores.

### Programa de plantio e manutenção de mudas de árvores nativas

#### Proposição

Pretende-se implantar indivíduos arbóreos na ETE para compor seu paisagismo.

#### Quantificação e especificação

Serão plantadas na área da ETE 100 mudas de árvores distribuídas conforme indicado no quadro apresentado a seguir:

1. Relação de Árvores

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Nome Popular** | **Nome Científico** | **Quantidade** |
| Buriti | *Mauritia flexuosa* | 25 |
| Sangra-d’água | *Croton urucurana* | 25 |
| Pororoca | *Rapanea ferruginea* | 25 |
| Trema | *Trema micrantha* | 25 |

#### Época de plantio

O período ideal para o plantio deve coincidir com o início do período chuvoso, garantindo assim a sobrevivência da muda.

#### Coveamento

As covas devem ter largura, profundidade e comprimento mínimo de 60cm, devendo ser removidos de seu interior materiais como cascalho, minério, pedra, vidro e plástico.

#### Adubação

As covas devem ser estercadas utilizando-se terra vegetal, adubo orgânico curtido e adubo químico. A proporção é de 20 litros de adubo orgânico curtido, 100 gramas de NPK 6-30-6, 200 gramas de calcário dolomítico e complementação com terra vegetal. Após o preparo, esta mistura deve ser colocada nas covas, ficando em repouso no mínimo 15 dias antes do plantio. As covas devem ser preenchidas imediatamente após o coveamento.

#### Manutenção

Deverá ser realizado o roçado nas ruas (na área de preservação permanente) e coroamento de 01 metro ao redor de cada muda no mínimo três vezes ao ano.

#### Condições das mudas para plantio

As mudas destinadas ao plantio devem apresentar as seguintes características:

* Altura mínima de 1,80 m;
* Bom estado fitosanitário;
* Boa formação, sem troncos recurvados, com fustes únicos ou intensas ramificações baixas;
* Raízes bem acondicionadas em vasilhames adequados, garantindo assim, o transporte sem o destorroamento.

## Plano de Partida e Operação da ETE

Após a conclusão das obras os reatores UASB e o decantador secundário serão submetidos a testes de estanqueidade que poderá ser usada água do próprio curso receptor. Confirmado o sucesso dos testes, os reatores e decantador deverão permanecer cheios de água para em seguida receberem os esgotos.

A partir do funcionamento da elevatória final, os esgotos preencherão os reatores e o decantador e expulsarão a água anteriormente retida.

No início do regime operacional da ETE os esgotos serão submetidos apenas a gradeamento, desarenação e decantação primária que será exercida pelos reatores UASB, além da sanitização por ultravioleta. Com o decorrer do tempo a função biodegradação anaeróbia e aeróbia da matéria orgânica presente nos esgotos, atribuída aos reatores e filtro biológico percolador respectivamente será paulatinamente exercida, até a sua eficiência prevista em projeto.

O projeto da ETE inclui dispositivos de manobras que permitem, em condições normais de operação, o funcionamento simultâneo dos reatores UASB, filtro biológico percolador e decantador secundário, e em situações emergenciais, reatores uasb e filtro ou então somente os reatores uasb.

# ESTUDO DE AUTODEPURAÇÃO (MÉTODO DE STREETER-PHELPS)

## Informações Gerais do Corpo Receptor

O corpo receptor que receberá os esgotos tratados da ETE de Potim será o Rio Paraíba do Sul.

O Rio Paraíba do Sul nasce na Serra do Bocaina com a denominação de Rio Paraitinga e possui extensão total superior a 1.100 km. Sua bacia possui uma área de drenagem de aproximadamente 55.000 km², distribuída pelos estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro.

Em toda sua extensão atravessa 180 municípios e recebe lançamentos de esgotos de diversas cidades, inclusive Potim, e, segundo dados da Agência Nacional de Águas - ANA seu trecho mais poluído encontra-se entre os municípios de Tremembé e Aparecida.

## Vazão de Referência

### Metodologia empregada

Para determinação da vazão mínima de referência (Q7,10) no ponto de lançamento utilizou-se os dados disponíveis no portal do Departamento de Águas e Energia Elétrica do estado de São Paulo – DAEE através se seu programa de regionalização hidrológica.

### Características do corpo receptor no ponto de lançamento

* Coordenadas do ponto de lançamento: X(E) = 474.955

Y(N) = 7.474.139

* Fuso 23K
* Altitude 477 m
* Área de drenagem (Ad) 10.218 km²
* Vazão mínima (Q7,10) 39,465 m³/s
* Temperatura média da água (estiagem) 20 ºC
* OD de saturação 8,77 mg/L
* Oxigênio dissolvido 0,38 mg/L\*
* DBO 4,10 mg/L\*
* Velocidade de fluxo (v) 0,18 m/s\*\*
* Profundidade média do curso d’água (H) 2,50 m

\*Mediana dos valores apresentados na análise do corpo receptor.

\*\*Valor estimado segundo dados do DAEE.

### Considerações sobre a legislação ambiental

Segundo dados a ANA o Rio Paraíba do Sul, na região em estudo é classificado como Classe II.

Apresenta-se a seguir os parâmetros de qualidade para cursos d’água Classe II de acordo com resolução CONAMA nº 358/2005.

* Concentração mínima de oxigênio dissolvido ≥5,0 mg/L
* Demanda bioquímica de oxigênio (DBO5) ≤5,0 mg/L
* Coliformes fecais 1.000 NMP/100 ml

Verifica-se, de acordo com os resultados obtidos da análise da qualidade da água do Rio Paraíba do Sul a montante do lançamento previsto da ETE, que atualmente os parâmetros de qualidade da água encontram-se muito abaixo à classe do mesmo.

## Características Físico-químicas dos Esgotos Tratados

O sistema de tratamento da ETE de Potim será composto por tratamento preliminar, constituído de peneiramento, desarenador e flotação; reatores uasb; filtro biológico percolador; decantador secundário e elevatória de recirculação.

Apresenta-se a seguir o prognóstico das características dos esgotos que serão tratados pela ETE descrita anteriormente:

* Vazão (Qe) 39,79 L/s
* Temperatura 21º C
* Oxigênio dissolvido 0,00 mg/L
* DBO 24,54 mg/L

## Constantes adotadas no Estudo de Autodepuração

### Coeficiente de desoxigenação (K1)

Admitiu-se para este coeficiente, conforme prescrito em literatura técnica, um valor contido no intervalo, 0,12 a 0,24 d-1, ou seja, K1 = 0,15 d-1. Este procedimento se deve ao fato de que efluentes tratados possuem baixa taxa de degradação, pois a maior parte da matéria orgânica, mais facilmente assimilável, é removida na ETE, restando apenas à parcela de estabilização mais vagarosa.

### Coeficiente de reaeração (K2)

As características do curso d’água encontram-se na faixa de aplicação da fórmula de O’Connor e Dobbins (VON SPERLING 2005), ou seja, profundidade entre 0,60 a 4,00 m e velocidade entre 0,05 a 0,80 m/s, portanto:

K2 = 3,73 x v0,50 x H-1,50

K2 = 3,73 x 0,180,50 x 2,50-1,50

K2 = 0,40 d-1

### Resumo dos coeficientes adotados

* Coeficiente de desoxigenação (efluentes secundários) K1 = 0,15 d-1
* Coeficiente de aeração das águas K2 = 0,40 d-1
* Constante para correção de K1 pela temperatura θ1 = 1,047
* Constante para correção de K2 pela temperatura θ2 = 1,024

## Mistura do Esgoto Tratado e Corpo Receptor

### Vazão (Qm)

Qm = Qe + Qr

Qm = 39,79 + 39.465,00

Qm = 39.504,79 L/s

### Temperatura (Tm)



### Oxigênio dissolvido (ODm)



### Demanda bioquímica de oxigênio (DBOm)



### Concentração de DBO última da mistura (L0)



### Déficit inicial de OD (Dm)

Dm = ODsat - ODm

Dm = 8,57 – 0,38 = 8,19 mg/L

## Correção de K1 e K2 para a Temperatura Ambiente





## Cálculo do Tempo Crítico (Tc)



## Cálculo da Distância Crítica (Dc)

A indeterminação do tempo crítico indica que a menor taxa de oxigênio dissolvido ocorrerá no próprio ponto de lançamento dos esgotos tratados, ou seja, o déficit inicial de oxigênio será o déficit crítico e a partir deste instante sua tendência é de se elevar conforme ilustrado no perfil de oxigênio dissolvido apresentado a seguir.

## Perfil de Oxigênio Dissolvido

Função matemática utilizada para obtenção do perfil de OD



1. Evolução do Oxigênio Dissolvido

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **t (dias)** | **d (m)** | **OD(mg/L)** | **t (dias)** | **d (m)** | **OD(mg/L)** |
| 0,000 | 0 | 0,38 | 0,354 | 5500 | 1,08 |
| 0,032 | 500 | 0,45 | 0,386 | 6000 | 1,14 |
| 0,064 | 1000 | 0,51 | 0,418 | 6500 | 1,20 |
| 0,096 | 1500 | 0,58 | 0,450 | 7000 | 1,26 |
| 0,129 | 2000 | 0,65 | 0,482 | 7500 | 1,32 |
| 0,161 | 2500 | 0,71 | 0,514 | 8000 | 1,38 |
| 0,193 | 3000 | 0,77 | 0,547 | 8500 | 1,44 |
| 0,225 | 3500 | 0,84 | 0,579 | 9000 | 1,49 |
| 0,257 | 4000 | 0,90 | 0,611 | 9500 | 1,55 |
| 0,289 | 4500 | 0,96 | 0,643 | 10000 | 1,61 |
| 0,322 | 5000 | 1,02 | 0,675 | 10500 | 1,66 |

## Análise dos Resultados

A indeterminação do tempo crítico in indica que, desde o ponto de lançamento dos esgotos tratados, a concentração de oxigênio dissolvido tende a se elevar, ou seja, o déficit inicial de oxigênio (8,19 mg/L) e a concentração de oxigênio dissolvido da mistura (0,38 mg/L) são a maior e a menor respectivamente. Portanto o curso d’água em estudo apresenta capacidade de autodepuração superior à capacidade de degeneração dos efluentes tratados, para a situação em estudo.

O lançamento dos esgotos tratados será realizado na margem esquerda do Rio Paraíba do Sul, em condições de satisfazer às prescrições das Resoluções CONAMA nº 357/2005 e nº 430/2011, além da Lei Estadual nº 8.468/1976.

# REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Árvores Brasileiras, Manual de Identificação de Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil**; H. Lorenzi, Nova Odessa, SP, 1992;
2. **Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAAE**. Disponível em www.daee.sp.gov.br, acessado em 22 de agosto de 2017;
3. **Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB**. Infoaguas. Disponível em www.cetesb.sp.gov.br/agua/infoaguas, acessado em 22 de agosto de 2017;
4. **Elevatórias nos Sistemas de Esgotos** / Patrício Gallegos Crespo, Editora UFMG, 2001.290p.;
5. **Estudo de Concepção e Projeto de Engenharia para o Afastamento e Tratamento do Esgoto Sanitário da Sede de Potim-SP – Estudo de Concepção.** Ottawa Engenharia Ltda, 2016.
6. **Fundamentos de Engenharia Hidráulica** / Márcio Benedito Baptista, Márcia Maria Lara Pinto Coelho. – Belo Horizonte: Editora UFMG – Escola de Engenharia da UFMG, 2002. 440p;
7. **Hidráulica Geral** / Paschoal Silvestre. – Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos, Editora S.A., 1983;
8. **Introdução à Qualidade Das Águas e ao Tratamento De Esgotos**; Marcos von Sperling, 2005;
9. **Lodos de Esgotos**: **Tratamento e Disposição final** / Cleverson V. Andreoli, Marcos von Sperling, Fernando Fernandes – Editora FCO, 2001;
10. **Pavimentação**; Wlastermiler de Senço, - DER - São Paulo - SP;
11. **Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul – Diagnóstico dos Recursos Hídricos – Relatório Final** / Fundação COPPTEC Laboratório;
12. **Pós-Tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios**; C. A. L. Chernicharo (coordenador). – Belo Horizonte, 2001;
13. **Princípios Básicos do Tratamento de Esgotos**; Marcos von Sperling;
14. **Problemas de Mecânica dos Fluidos** / Francisco de Assis A. Bastos;
15. **Tratamento de Esgotos**, P. G. Crespo. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG;
16. **Sistemas de Esgotos** / Patrício Gallegos Crespo - Belo Horizonte – Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2001;
17. **Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo – Portal SigRH**. Disponível em www.sigrh.sp.gov.br, acessado em 22 de agosto de 2017;

# ANEXOS

**Planilha de Dimensionamento da Rede Coletora**

**Análise da Qualidade da Água do Corpo Receptor**

**Especificação Técnica**



***RUA NILTON BALDO, 744 - BAIRRO JARDIM PAQUETÁ***

***CEP 31.330-660. BELO HORIZONTE - MINAS GERAIS***

**Endereço Eletrônico: ottawaeng@terra.com.br / Telefax: (31) 3418-2175**