

Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Sorocaba - SP



**Elaboração de Projeto Executivo do Sistema de Esgotamento Sanitário do Setor Inhayba**

**(Bairro Brigadeiro Tobias)**

Contrato 053/SLC/2019

**Projeto Básico**

Relatório Técnico



**Agosto – 2020**

***SUMÁRIO***

[1 Apresentação 5](#_Toc49864830)

[2 INFORMAÇÕES CADASTRAIS 6](#_Toc49864831)

[2.1 Identificação do Empreendimento 6](#_Toc49864832)

[2.2 Identificação do Proponente 6](#_Toc49864833)

[2.3 Responsabilidade Técnica pelo Projeto de Engenharia 6](#_Toc49864834)

[2.4 Equipe Técnica 7](#_Toc49864835)

[3 DESCRIÇÃO GERAL DO projeto 8](#_Toc49864836)

[4 estudo das vazões de projeto 10](#_Toc49864837)

[4.1 Área de Projeto 10](#_Toc49864838)

[4.2 População de Projeto 10](#_Toc49864839)

[4.2.1 Distribuição Demográfica e Densidade Demográfica 10](#_Toc49864840)

[4.2.2 Distribuição Espacial 11](#_Toc49864841)

[4.2.3 População de projeto 12](#_Toc49864842)

[4.3 Parâmetros de Projeto 13](#_Toc49864843)

[4.4 Quantificação dos esgotos 13](#_Toc49864844)

[4.4.1 Vazões sem infiltração 13](#_Toc49864845)

[4.4.2 Vazão de infiltração 14](#_Toc49864846)

[4.4.3 Vazões com infiltração 14](#_Toc49864847)

[4.4.4 Resumo das vazões por sub-bacia 14](#_Toc49864848)

[5 Rede COLETORA E EMISSÁRIO de esgotos 15](#_Toc49864849)

[5.1 Diretrizes Gerais 15](#_Toc49864850)

[5.2 Quesitos Para Verificação e Atendimento 15](#_Toc49864851)

[5.3 Diâmetros e Materiais 16](#_Toc49864852)

[5.4 Tensão Trativa 16](#_Toc49864853)

[5.5 Declividade 17](#_Toc49864854)

[5.6 Velocidade de Escoamento 17](#_Toc49864855)

[5.7 Lâmina d´Água 17](#_Toc49864856)

[5.8 Traçado das Tubulações 18](#_Toc49864857)

[5.9 Sistematização dos Cálculos 18](#_Toc49864858)

[5.10 Travessias Sob Ferrovia e Rodovia 18](#_Toc49864859)

[6 Elevatória de Transposição de Bacias 19](#_Toc49864860)

[6.1 Justificativa de Implantação 19](#_Toc49864861)

[6.2 Concepção Técnica da Elevatória 19](#_Toc49864862)

[6.3 Considerações Gerais Sobre o Sistema de Recalque 20](#_Toc49864863)

[6.3.1 Situações operacionais 20](#_Toc49864864)

[6.3.2 Aspectos comuns 20](#_Toc49864865)

[6.3.3 Conjunto moto bomba especificado 20](#_Toc49864866)

[6.4 Situação 1 – Uma Bomba em Operação Isolada 23](#_Toc49864867)

[6.4.1 Informações específicas para o dimensionamento 01 23](#_Toc49864868)

[6.4.2 Cálculo da Altura Manométrica 23](#_Toc49864869)

[6.4.3 Curvas da bomba, do sistema e ponto de operação 24](#_Toc49864870)

[6.5 Situação 2 – Duas Bombas Associadas em Paralelo 26](#_Toc49864871)

[6.5.1 Informações específicas para o dimensionamento 26](#_Toc49864872)

[6.5.2 Cálculo da Altura Manométrica 26](#_Toc49864873)

[6.5.3 Curvas da bomba, do sistema e ponto de operação 27](#_Toc49864874)

[6.6 Situação 3 – Três Bombas Associadas em Paralelo 30](#_Toc49864875)

[6.6.1 Informações específicas para o dimensionamento 30](#_Toc49864876)

[6.6.2 Cálculo da Altura Manométrica 30](#_Toc49864877)

[6.6.3 Curvas da Bomba, do Sistema e Ponto de Operação 31](#_Toc49864878)

[6.7 Resumo das Situações Operacionais 32](#_Toc49864879)

[6.8 Poço de Sucção 33](#_Toc49864880)

[6.8.1 Cálculo do volume 33](#_Toc49864881)

[6.8.2 Caracterização dimensional 34](#_Toc49864882)

[6.8.3 Verificação dos tempos de detenção hidráulica 34](#_Toc49864883)

[6.8.4 Flutuação do nível d’água no interior do poço de sucção 34](#_Toc49864884)

[6.9 Linha de Recalque 35](#_Toc49864885)

[6.10 Cálculo das Pressões Transientes 35](#_Toc49864886)

[6.10.1 Metodologia de cálculo empregada 35](#_Toc49864887)

[6.10.2 Características do fluido a recalcar 35](#_Toc49864888)

[6.10.3 Condições operacionais do sistema 35](#_Toc49864889)

[6.10.4 Celeridade (C) 36](#_Toc49864890)

[6.10.5 Período da tubulação (T) 36](#_Toc49864891)

[6.10.6 Tempo de parada (t) 36](#_Toc49864892)

[6.10.7 Variação da pressão (∆H) 36](#_Toc49864893)

[6.10.8 Caracterização da linha de recalque 37](#_Toc49864894)

[6.10.9 Características dos conjuntos moto bombas 37](#_Toc49864895)

[6.10.10 Resultados 37](#_Toc49864896)

[6.10.11 Quadro de pressões 39](#_Toc49864897)

[6.10.12 Gráfico das linhas de pressão 40](#_Toc49864898)

[6.11 Dispositivos Operacionais e de Segurança da Linha de Recalque 41](#_Toc49864900)

[7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 43](#_Toc49864901)

[ANEXOS 44](#_Toc49864902)

1. *Planilha de Dimensionamento da Rede Coletora*
2. *Planilha de Dimensionamento do Emissário*
3. *Planilha de Dimensionamento dos Blocos de Ancoragem*

# Apresentação

O inglês Edwin Chadwick define Saúde Pública como “um problema mais de engenharia que de medicina” e ainda que os “melhores preventivos são a drenagem, a limpeza das casas e ruas e de melhores sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário”.

Ideologicamente fundamentado neste pensamento, o **Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Sorocaba** pretende ampliar o seu sistema de coleta de esgotos na sub-bacia do Setor Inhayba, e para tal contratou a Empresa **OTTAWA ENGENHARIA LTDA** através do instrumento contratual Nº 53/SLC/2019, decorrente da adjudicação que Ihe foi feita no do Processo Administrativo nº 3.580/2019.

Este segundo produto ora apresentado, consiste no Projeto Básico, cujo desenvolvimento está fundamentado no primeiro produto anteriormente apresentado, composto pelo Estudo de Concepção e Levantamento Topográfico, já aprovado pelo SAAE de Sorocaba.

# INFORMAÇÕES CADASTRAIS

## Identificação do Empreendimento

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

## Identificação do Proponente

* Razão Social: SAAE – Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Sorocaba
* CNPJ: 71.480.560.0001/39
* Diretor - Presidente: Mauri Gião Pongitor
* Endereço: Avenida Pereira da Salva 1.285.

Bairro Jardim Santa Rosália

* Município/UF: Sorocaba - SP
* CEP: 18.095-340
* Telefax: (15) 3224-5818
* Endereço eletrônico: renatomaiello@saaesorocaba.sp.gov.br

## Responsabilidade Técnica pelo Projeto de Engenharia

* Nome: Ottawa Engenharia Ltda.
* Endereço: Rua Nilton Baldo, nº 744-A

Bairro Paquetá

Belo Horizonte – MG / CEP: 31.330-660

* Endereço eletrônico: ottawaeng@terra.com.br

## Equipe Técnica

* Coordenador de Projetos Engenheiro Civil:

Carlos Mauro Novais Gonçalves

CREA-MG: 49.318/ D

* Projetos de Saneamento: Engenheiro Civil

Hudson Costa Rocha

CREA-MG: 99.507/D

* Cálculo Estrutural: Engenheiro Civil

Olavo Ianhez Neto

CREA-MG: 154.912/LP

* Instalações Elétricas: Engenheira Industrial Elétrica

Coracy Martins

CREA-MG: 36.457/D

* Orçamentista: Engenheiro Civil

Gildácio Pereira Chagas

CREA-MG: 184.893/D Engenheiro

* Topografia: Engenheiro Agrônomo

Paulo Henrique Bueno

CREA-MG: 55.094/D

# DESCRIÇÃO GERAL DO projeto

O Projeto ora apresentado, conforme conta no Plano Diretor Municipal de Saneamento, tem por objetivo a implantação de um Sistema de Esgotamento Sanitário do Setor Inhayba, Bairro Brigadeiro Tobias, inserido na área urbana da cidade de Sorocaba, e integrá-lo ao Sistema de Esgotos da cidade de Sorocaba, especificamente na Bacia Pirajibu Mirim, a partir do qual os esgotos sanitários coletados, através das redes coletoras da citada bacia de contribuição, serão direcionados à Estação de Tratamento de Esgotos denominada ETE Aparecidinha.

Este projeto, em cumprimento às propostas constantes no Plano Diretor Municipal de Saneamento, visa complementar a infraestrutura urbana da região do Setor Inhayba, Bairro Brigadeiro Tobias, em termos de Saneamento Básico, que na sequencia permitirá também a completa urbanização da área, proporcionada por obras de drenagem e pavimentação de suas vias.

O projeto a seguir descrito, para sua melhor compreensão, foi dividido em três partes, a saber: A primeira parte contempla a implantação de uma rede coletora tronco, com extensão de 3.180 metros ao longo da estrada de acesso ao Bairro Brigadeiro Tobias. Importante citar que esta via de acesso é ladeada por áreas propícias ao acolhimento de grandes empreendimentos imobiliários, que acelerarão o crescimento populacional desta região, que no momento apresenta baixa densidade demográfica.

A segunda parte do projeto refere-se ao Sistema de Recalque, composto de elevatória e sua correspondente linha de recalque de 226 metros de extensão, imprescindível à interligação entre o novo coletor tronco e a Bacia de Contribuição Pirajibu Mirim, uma vez que a conexão entre os dois subsistemas, que ocorrerá no poço de visita mais próximo, pertencente à citada bacia, situa-se em cota topográfica mais elevada em relação à extremidade de jusante do coletor em apreço.

Finalmente a terceira parte do projeto, não prevista no Plano Diretor Municipal de Saneamento, consiste na implantação de um emissário de esgotos por gravidade entre o ponto de cota topográfica mais elevada, situado entre a extremidade de jusante do novo coletor tronco e o poço de visita, inserido na Bacia de Contribuição Pirajibu Mirim, destinado à conexão entre os dois subsistemas. Este emissário de esgotos se faz necessário, pois a rede coletora existente, que se inicia no citado ponto de cota topográfica mais elevada e se estende até o poço de visita indicado para conexão, a principio cogitado para integração entre os dois subsistemas, não apresenta condições hidráulicas para suportar o acréscimo de vazão previsto em final de plano.

Importante destacar a possibilidade de defasagem de tempo entre a implantação das duas primeiras fases do projeto e a terceira, pois em inicio de plano a atual rede coletora, anteriormente citada, poderia num primeiro momento, cumprir a função do emissário ora projetado.

# estudo das vazões de projeto

## Área de Projeto

Segundo informações contidas no plano diretor municipal do sistema de esgotamento sanitário, a cidade de Sorocaba encontra-se praticamente saneada, com a maior parte dos seus esgotos coletados e conduzidos às estações de tratamento, ou seja, o índice de coleta e tratamento na cidade chega a quase totalidade da área urbana. Apenas algumas áreas restritas e isoladas ainda não têm seus efluentes coletados e encaminhados para tratamento e disposição final de acordo com a legislação ambiental vigente.

Sorocaba, ao longo dos anos, se desenvolveu de forma radial a sede. Sua expansão urbana na direção leste (Brigadeiro Tobias), cresceu de forma significativa, com a implantação regular de novos loteamentos, estimulados pela facilidade de acesso, propiciado pela Rodovia Raposo Tavares (SP-270).

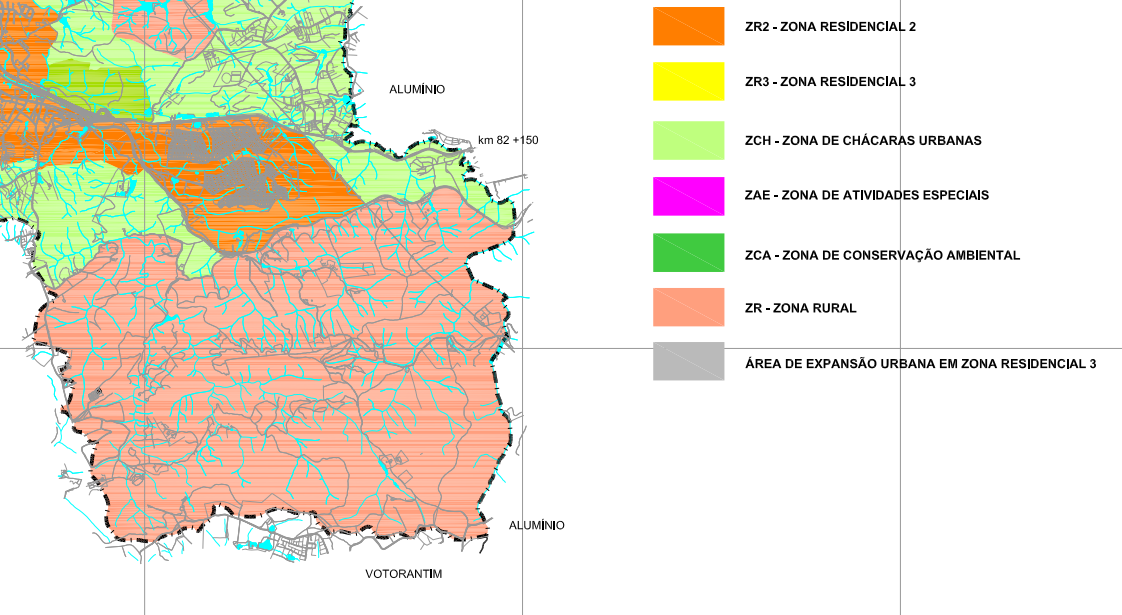
Devido a implantação de loteamentos de interesse social na área de projeto, existe a necessidade de complementação do sistema de esgotamento sanitários da cidade, especificamente no Setor Inhayba, que permitirá a coleta, transporte e tratamento dos esgotos sanitários produzidos na da Bacia Pirajibu Mirim, que são direcionados à Estação de Tratamento - ETE Aparecidinha.

## População de Projeto

### Distribuição Demográfica e Densidade Demográfica

A determinação da população de projeto foi obtida fundamentada nas densidades demográficas das zonas de uso e ocupação do solo, estabelecidas no Plano Diretor do Município e adotado no Plano Diretor Municipal do Sistema de Esgotamento Sanitário. De acordo com o citado documento a área de projeto ocupa 3 zonas a seguir descritas:

* **Zona Residencial 2 (ZR2):** áreas de uso predominantemente residencial, com lotes de 250 a 300 metros quadrados e densidade populacional de 65,05 habitantes/hectare.
* **Zona de Chácaras Urbanas (ZCH):** áreas de sítios e chácaras de lazer, que apresenta lotes com área mínima de 1.000 m² e densidade populacional de 0,71 habitantes/hectare.
* **Zona Rural (ZR):** áreas reservadas estritamente para atividades rurais com densidade populacional de 0,42 habitantes/hectare.

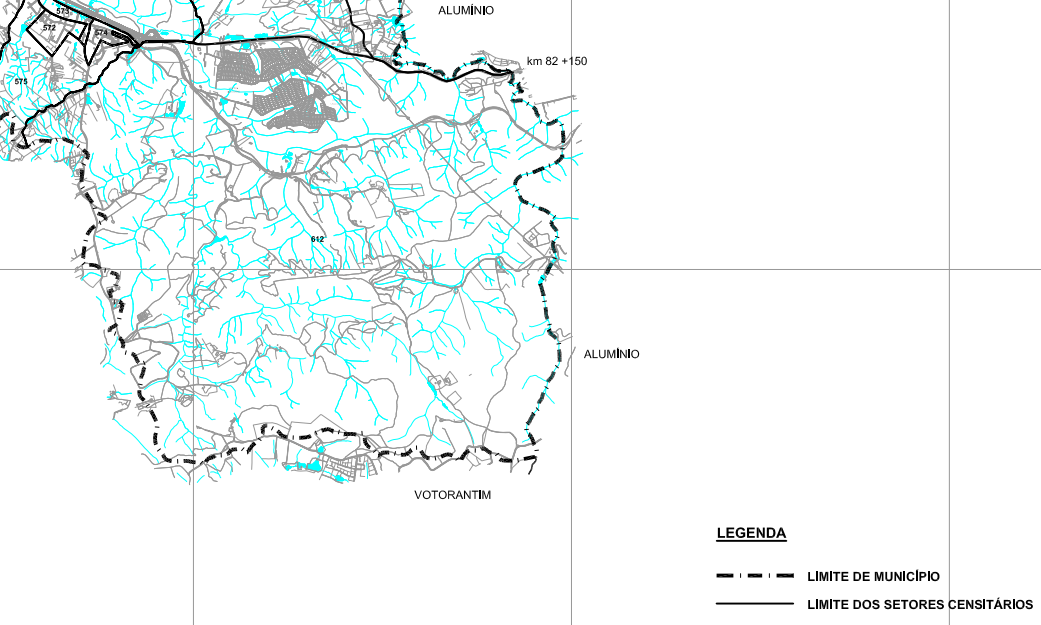


1. Limites das Zonas de Uso e Ocupação do Solo

### Distribuição Espacial

Conforme o Plano Diretor do Município, Sorocaba foi dividido em diversos setores censitários, definidos pela Fundação IBGE, os quais apresentam informações distintas de número de habitantes e domicílios relativos a cada setor. Observou-se que as áreas periféricas à região central apresentaram significativo crescimento populacional motivado principalmente pelos novos loteamentos ali implantados. Pode-se facilmente observar e concluir, que as regiões periféricas tendem a ser mais atrativas do que as áreas mais centrais, entretanto é necessário salientar que muitas vezes se tratam de áreas com baixas ocupações, onde qualquer incremento populacional altera drasticamente as taxas de ocupação e não necessariamente haverá um intenso processo de adensamento no futuro.

O Plano Diretor determinou as taxas médias de crescimento de cada setor no horizonte de 40 anos (2010-2050). A área de projeto é representada pelo número 612, conforme imagem a seguir:



1. Limites dos Setores Censitários

### População de projeto

Em vistoria técnica, realizada pelos engenheiros da contratada e do SAAE, verificou-se além das residências existentes, muitas áreas de grande potencial para implantação de novos empreendimentos imobiliários e a existência de um projeto de loteamento, em fase de implantação, denominado “Villas D’Oro” com previsão de 6.000 lotes.

Apesar da região de implantação deste projeto de saneamento se inserir em 3 zonas demográficas conforme descrito anteriormente, com densidades diferenciadas, admitiu-se para toda a região em estudo, com potencial para implantação de loteamento, a característica da Zona Residencial 2 (ZR2) com densidade demográfica igual a 65,05 habitantes por hectare, uma vez que o Plano Diretor Municipal de Saneamento cita que no futuro, o crescimento da cidade de Sorocaba aponta para a direção leste.

Apresentam-se os cálculos para determinação da população de projeto:

* Área 612 (Conforme Plano Diretor): Ano 2050 1.295 habitantes
* Loteamento Villas D’Oro: 6.000 lotes x 4 hab/lote 24.000 habitantes
* Sub-Bacia 01: 55 ha x 65,05 hab/ha 3.578 habitantes
* Sub-Bacia 02: 39 ha x 65,05 hab/ha 2.537 habitantes
* Sub-Bacia 03: 19 ha x 65,05 hab/ha 1.236 habitantes
* Sub-Bacia 04: 11 ha x 65,05 hab/ha 716 habitantes
* Sub-Bacia 05: 8,5 ha x 65,05 hab/ha 553 habitantes
* População total 33.914 habitantes

## Parâmetros de Projeto

* População de projeto P = 33.914 habitantes
* Alcance do projeto ano 2050
* Consumo “*per capita*” de água (SAAE Sorocaba) q = 200,00 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 = 0,0001 L/s/m
* Extensão da rede L = 3.180 m

## Quantificação dos esgotos

### Vazões sem infiltração

#### Vazão média (QM)

QM = 62,80 L/s

#### Vazão mínima (Qm)

Qm = K3 x QM

Qm = 31,40 L/s

#### Vazão máxima diária (QMD)

QMD =K1 x QM

QMD = 75,36 L/s

#### Vazão máxima horária (QMH)

QMH = K1 x K2 x QM

QMH = 113,05 L/s

### Vazão de infiltração

Qinf = L x

Qinf = 0,32 L/s

### Vazões com infiltração

#### Vazão mínima (Qmín)

Qmín = Qm+ Qinf

Qmín = = 31,72 L/s

#### Vazão máxima horária (Qmáx-h)

Qmáx-h = QMH + Qinf

Qmáx-h = 113,37 L/s

### Resumo das vazões por sub-bacia

Apresenta-se a seguir a tabela resumo das contribuições de vazões por área de contribuição.

1. Resumo das Contribuições

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Contribuição** | **Vazões (L/s)** | |
| **Início de Plano** | **Final de Plano** |
| Área 618 (Plano Diretor) | 1,52 | 4,63 |
| Loteamento Villa D’Oro | 22,22 | 80,00 |
| Sub-bacia 01 | 3,31 | 11,93 |
| Sub-bacia 02 | 2,35 | 8,46 |
| Sub-bacia 03 | 1,14 | 4,12 |
| Sub-bacia 04 | 0,66 | 2,39 |
| Sub-bacia 05 | 0,51 | 1,84 |
| **TOTAL** | **31,72** | **113,37** |

# Rede COLETORA E EMISSÁRIO de esgotos

## Diretrizes Gerais

Para interligar a rede coletora e o emissário projetados que serão integrados ao sistema Pirajibu Mirim serão implantados 3.653 metros de tubulações, que foram projetadas com base em levantamento topográfico elaborado exclusivamente para esse fim, e na sequencia realizou-se sua verificação hidráulica, cujas planilhas de simulação hidráulica estão apensadas ao trabalho.

A rede coletora e emissário em pauta serão constituídas principalmente por tubulação de PVC e assim em seu dimensionamento foram admitidas as prescrições normativas da NBR 14.486 de março de 2000 intitulada “Sistemas enterrados para condução de esgotos sanitários - Projeto de redes coletoras com tubos de PVC”. No item 6.1.4 da referida norma foi estabelecido que o dimensionamento da rede coletora se processa pelo critério da declividade mínima, calculada em função da vazão mínima à montante de cada trecho de rede calculado. A equação da declividade mínima foi estabelecida com o critério da tensão trativa média de 0,6 Pa, calculada para a vazão inicial de projeto e coeficiente de Manning n = 0,01. Para o trecho de rede em ferro fundido foi admitida a tensão trataiva de 1,0 MPa conforme prescrito pela NBR 9649 de novembro de 1996..

A formulação matemática e os parâmetros técnicos empregados no projeto estão a seguir descritos.

## Quesitos Para Verificação e Atendimento

* Tensão Trativa mínima Tt ≥ 0,6 Pa para PVC e ≥1,0 Pa para FºFº
* Vazão mínima de cálculo 1,5 L/s
* Velocidade máxima na tubulação 5,0 m/s
* Lâmina d’água máxima 75%
* Distância máxima entre poços de visitas 80 m
* Tubo de queda necessário para degraus maiores ou iguais a: ≥ 0,50 m

## Diâmetros e Materiais

Os diâmetros das tubulações foram estabelecidos de acordo com os requisitos de dimensionamentos hidráulicos prescritos em normas e especificações brasileiras e foi admitida a utilização de tubos de PVC de 400 mm de diâmetro para a rede coletora e emissário, exceto nos trechos de travessias sob ferrovia e rodovia onde serão empregadas tubulações de ferro fundido de 400 mm de diâmetro.

Apresenta-se a seguir o resumo da especificação e quantificação da tubulação a ser implantada na rede coletora e emissário de esgotos..

Rede Coletora:

* Tubos em PVC JE DN400 mm 2.966 m
* Tubos em Ferro Fundido DN 400 mm 18 m

Emissário:

* Tubos em PVC JE DN400 mm 657 m
* Tubos em Ferro Fundido DN 400 mm 12 m

## Tensão Trativa

Para todos os trechos das tubulações foram verificadas as tensões trativas médias, sendo o valor mínimo admitido igual a 0,6 Pa para tubos de PVC e 1,0 Pa para tubos em ferro fundido, 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* = 0,010 para tubos de PVC e 0,013 para FºFº.

## Declividade

As declividades mínimas das tubulações foram definidas para atendimento simultâneo aos critérios tensão trativa maior ou igual a 0,6 Pa ou 1,0 Pa, conforme mencionado anteriormente 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% e para trechos de rede onde a velocidade de escoamento seja superior à velocidade crítica o valor máximo considerado foi de 50%.

## Traçado das Tubulações

A definição da poligonal aberta, que representa os traçados da rede coletora e do emissário foi determinada em campo através do levantamento planialtimétrico elaborado exclusivamente para este propósito.

## Sistematização dos Cálculos

De acordo com o traçado das tubulações e a formulação matemática apresentada, elaboraram-se planilhas de dimensionamento da rede coletora e emissário de esgotos apresentadas em apenso.

## Travessias Sob Ferrovia e Rodovia

Foram previstas duas travessias, uma travessia sob ferrovia e uma travessia sob rodovia, cujo os detalhamentos constam nas peças gráficas deste projeto.

# Elevatória de Transposição de Bacias

## Justificativa de Implantação

O Bairro Inhayba encontra-se numa sub-bacia de contribuição isolada das demais, pertencentes à cidade, e sua rede coletora será implantada na estrada de acesso ao Bairro Inhayba, e operará sob o regime hidráulico de condutos livres, em cota topográfica inferior a do sistema de coleta de esgotos existente, denominado “Pirajibu Mirim”. A integração entre os sistemas de esgotos, ora projetado e atual, exigirá a implantação de uma elevatória de esgotos e sua correspondente linha de recalque.

## Concepção Técnica da Elevatória

A elevatória de esgotos idealizada será composta de poço de sucção, compartimento do barrilete de recalque, sala elétrica, abrigo para os painéis de acionamento de motores, estrutura metálica, troles e talhas para movimentação de bombas e cestos de retenção de resíduos sólidos.

Toda esta estrutura operacional será implantada numa área coerentemente urbanizada, dotada de cerca com tela de alambrado, portões para pedestres e veículos, área para posicionamento de veículo de carga, e finalmente provida também de padrões de entrada de água e energia elétrica.

A elevatória de esgotos terá sua operação diferenciada em três fases ou situações distintas. Na primeira fase, entre o inicio de plano e um terço do horizonte de projeto, a elevatória será equipada com dois conjuntos moto bombas, um em operação e o outro reserva. Na segunda fase entre um e dois terços do horizonte de projeto, mais um conjunto moto bomba, idêntico aos anteriormente instalados será acrescido ao sistema de recalque, e sua operação se realizará com duas bombas com operação em paralelo e uma reserva. Finalmente, em terceira fase, a partir de dois terços do horizonte de projeto, o sistema de recalque receberá o quarto conjunto moto bomba, também idêntico aos anteriores, e operará com três bombas em paralelo e uma reserva.

Toda a estrutura da elevatória será implantada de uma só vez, exceto os conjuntos moto bombas, que serão implantados em etapas distintas.

## Considerações Gerais Sobre o Sistema de Recalque

### Situações operacionais

A Elevatória de Esgotos será estudada para as três situações operacionais distintas previstas na concepção técnica anteriormente apresentada, ou seja, com um, com dois e com três conjuntos bomba em operação e recalque de um, dois e três terços da vazão máxima diária em final de plano respectivamente.

### Aspectos comuns

São comuns às três situações de recalque previstas em projeto, as seguintes informações:

* Extensão da linha de recalque 426,37 m
* Cota do NA máximo no poço de sucção 612,380 m
* Cota do NA mínimo no poço de sucção 610,600 m
* Cota da chegada ao primeiro PV do emissário 628,500 m
* Altura geométrica 17,900 m
* Diâmetro mínimo do barrilete 150 mm
* Diâmetro da linha de recalque 263 mm
* Material ferro fundido

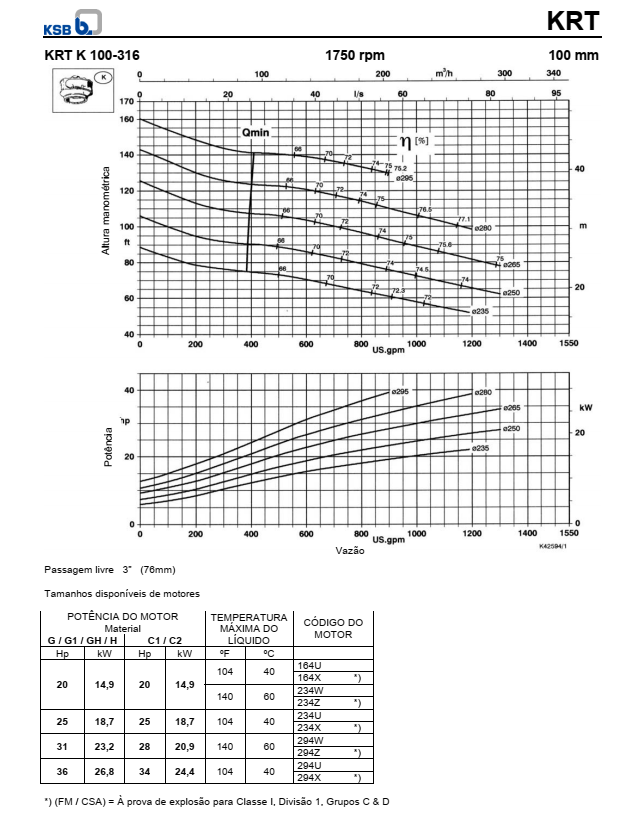
Para evitar elevadas velocidades nos tubos e conexões do barrilete e linha de recalque foram admitidos diversos diâmetros entre 150 mm para as linhas de descarga individuais de cada bomba, e 250 mm para a linha de recalque. Estes diâmetros foram cuidadosamente testados para compatibilização entre as curvas dos sistemas e as curvas das bombas em operação, isolada ou associadas em paralelo, e assim evitar perdas de cargas excessivas no sistema de recalque.

### Conjunto moto bomba especificado

Realizada a estimativa inicial do ponto de operação pesquisou-se em catálogos de bombas a que melhor atendesse simultaneamente às três situações de recalque previstas em projeto e o equipamento que melhor se enquadrou a elas e assim escolhido é o que se encontra a seguir especificado:

* Marca KSB
* Modelo KRT K 100-316
* Diâmetro do rotor 265 mm
* Rotação padrão 1750 rpm

A seguir apresenta-se a curva da referida bomba, extraída do catálogo do fabricante.



## Situação 1 – Uma Bomba em Operação Isolada

### Informações específicas para o dimensionamento 01

A situação um, considerada de início de plano, o sistema de recalque funcionará com apenas um conjunto moto bomba e a vazão bombeada corresponderá a um terço da vazão máxima em final de plano.

* Vazão a bombear (QB) 37,79 L/s
* Vazão mínima sem infiltração 10,57 L/s

### Cálculo da Altura Manométrica

#### Perda de carga contínua na tubulação de recalque

* Diâmetro do recalque (DR) 263 mm
* Vazão a bombear (QB) 37,79 L/s
* Perda de carga unitária (J) 0,0017 m/m
* Perda de carga (hfcr) 0,725 m

#### Perdas de carga localizadas

1. Perdas de Carga Localizadas

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Singularidades** | **Qte** | **DN (mm)** | **Vazão (L/s)** | **V (m/s)** | **K** | **hflr (m)** |
| Curva 90° | 1 | 100 | 37,79 | 4,81 | 0,40 | 0,472 |
| Ampliação | 1 | 100x150 | 37,79 | 4,81 | 0,25 | 0,295 |
| Tubo L total = 2,50 m | 1 | 150 | 37,79 | 2,14 | 0,32 | 0,075 |
| Curva 90° | 1 | 150 | 37,79 | 2,14 | 0,40 | 0,093 |
| Válvula de retenção | 1 | 150 | 37,79 | 2,14 | 2,50 | 0,584 |
| Registro de gaveta | 1 | 150 | 37,79 | 2,14 | 0,20 | 0,047 |
| Tê saída lateral | 1 | 150 | 37,79 | 2,14 | 1,30 | 0,303 |
| Ampliação | 1 | 150x200 | 37,79 | 2,14 | 0,19 | 0,044 |
| Tê passagem direta | 1 | 200 | 37,79 | 1,20 | 0,60 | 0,044 |
| Ampliação | 1 | 200x250 | 37,79 | 1,20 | 0,15 | 0,011 |
| Tê passagem direta | 3 | 250 | 37,79 | 0,77 | 0,60 | 0,054 |
| Curva 22º | 2 | 250 | 37,79 | 0,77 | 0,10 | 0,006 |
| Curva 45º | 4 | 250 | 37,79 | 0,77 | 0,20 | 0,024 |
| Curva 90º | 2 | 250 | 37,79 | 0,77 | 0,40 | 0,024 |
| Saída de canalização | 1 | 250 | 37,79 | 0,77 | 1,00 | 0,030 |
| **Total** | | | | | | **2,106** |

#### Perda de carga total

hf = hfcr + hflr

hf = 0,725 + 2,106 hf = 2,831 m

#### Altura manométrica

Hman = Hg + hf

Hman = 17,900 + 2,831 Hman = 20,731 m

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

#### Curva do sistema

Hm = Hg + r Q²



Hm = 17,900 + 0,00198 Q²

A curva do sistema foi obtida através da fórmula racional de Darcy-Weisbach e as perdas de carga localizadas através da expressão decorrente do Teorema de Borda Belanger.

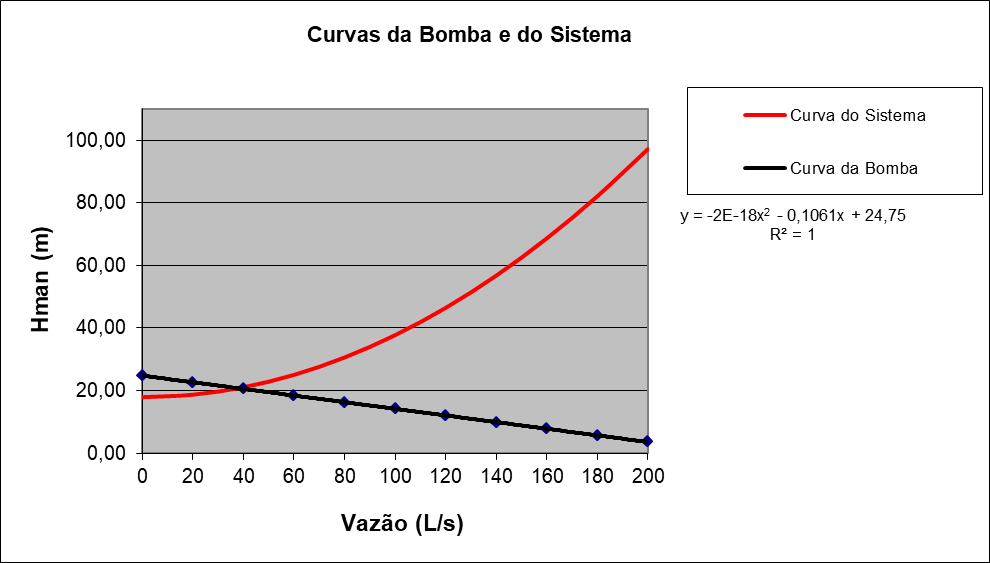
#### Curva da bomba

Organizou-se uma tabela de pares ordenados (vazão x altura manométrica), obtidos através do gráfico da curva da bomba, fornecido pelo fabricante e em seguida obteve-se por regressão quadrática, um polinômio quadrático, a seguir apresentado, cuja expressão analítica é:

Hm = - 0,1065 Q + 24,855

(equação da curva da bomba com rotação plena: 1780 rpm)

#### Gráficos das curvas do sistema e da bomba



1. Curvas do sistema e da bomba, com a rotação ajustada à Situação 1.

#### 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 = 37,83 L/s Hman = 20,74 m

A obtenção exata da vazão de bombeamento prevista foi obtida através de ajuste na rotação do motor, condição operacional que será permitida com a utilização de inversor de frequência que deverá constar no painel de acionamento do conjunto moto bomba.

#### Condições operacionais do sistema de recalque

* Rotação ajustada para melhor desempenho 1420 rpm
* Percentual da rotação padrão 81,1%
* Coeficiente de ajuste de rotação 0,658
* Rendimento da bomba no ponto de operação 69,29%
* Potência consumida na bomba 15 cv
* Potência admitida por bomba 31 cv
* Potência total a instalar 31 cv

## Situação 2 – Duas Bombas Associadas em Paralelo

### Informações específicas para o dimensionamento

Na situação dois, foi admitida uma vazão de bombeamento equivalente a dois terços da vida da vazão máxima em final de plano, o sistema de recalque contará com duas bombas associadas em paralelo.

* Vazão a bombear (QB) 56,69 L/s
* Vazão mínima sem infiltração 15,86 L/s

### Cálculo da Altura Manométrica

#### Perda de carga contínua na tubulação de recalque

* Diâmetro do recalque (DR) 263 mm
* Vazão a bombear (QB) 56,69 L/s
* Perda de carga unitária (J) 0,0038 m/m
* Perda de carga (hfcr) 1,620 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° | 2 | 100 | 37,79 | 4,81 | 0,40 | 0,943 |
| Ampliação | 2 | 100x150 | 37,79 | 4,81 | 0,25 | 0,590 |
| Tubo L total = 2,50 m | 2 | 150 | 37,79 | 2,14 | 0,32 | 0,149 |
| Curva 90° | 2 | 150 | 37,79 | 2,14 | 0,40 | 0,187 |
| Válvula de retenção | 2 | 150 | 37,79 | 2,14 | 2,50 | 1,167 |
| Registro de gaveta | 2 | 150 | 37,79 | 2,14 | 0,20 | 0,093 |
| Tê saída lateral | 1 | 150 | 37,79 | 2,14 | 1,30 | 0,303 |
| Ampliação | 1 | 150x200 | 37,79 | 2,14 | 0,19 | 0,044 |
| Tê passagem direta | 1 | 200 | 56,69 | 1,80 | 0,60 | 0,099 |
| Ampliação | 1 | 200x250 | 56,69 | 1,80 | 0,15 | 0,025 |
| Tê passagem direta | 3 | 250 | 56,69 | 1,15 | 0,60 | 0,121 |
| Curva 22º | 4 | 250 | 56,69 | 1,15 | 0,10 | 0,027 |
| Curva 45º | 4 | 250 | 56,69 | 1,15 | 0,20 | 0,054 |
| Curva 90º | 2 | 250 | 56,69 | 1,15 | 0,40 | 0,054 |
| Saída de canalização | 1 | 250 | 56,69 | 1,15 | 1,00 | 0,067 |
| **Total** | | | | | | **3,909** |

#### Perda de carga total

hf = hfcr + hflr

hf = 1,620 + 3,909 hf = 5,529 m

#### Altura manométrica

Hman = Hg + hf

Hman = 17,900 + 5,529 Hman = 23,429 m

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

#### Curva do sistema

Hm = Hg + r Q²



Hm = 17,920 + 0,00172 x Q²

A curva do sistema foi obtida 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

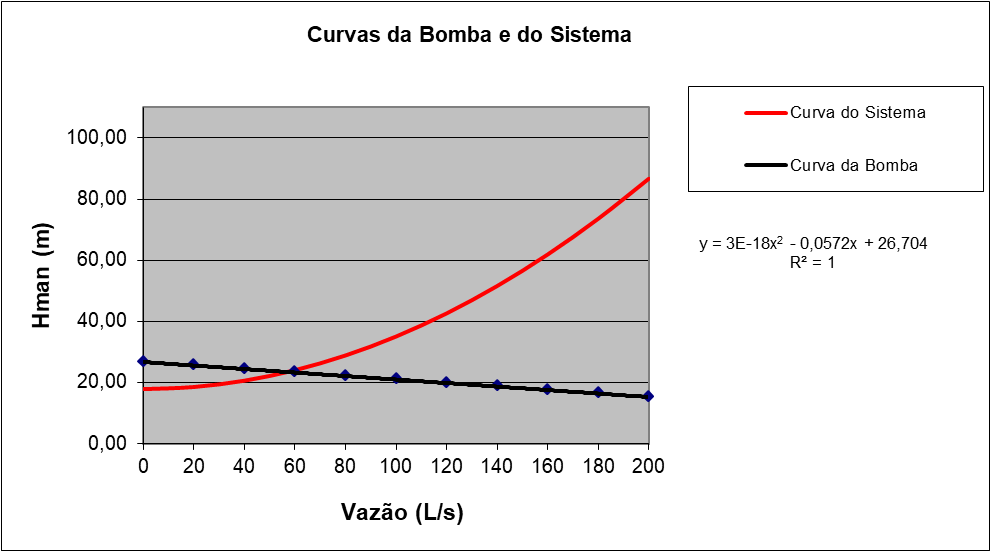
Admitiu-se de duas unidades do conjunto moto bomba anteriormente especificado, associadas em paralelo. Os pontos da curva resultante da citada associação foram obtidos a partir dos pontos da curva original de uma bomba, convertidos nos pontos homólogos da curva resultante da associação, nos quais são mantidas suas alturas manométricas e duplicadas suas vazões.

Da nova curva tabelada em pares ordenados (vazão x altura manométrica), obteve-se por regressão quadrática, um polinômio quadrático, cuja expressão analítica é:

Hm = - 0,0576 Q + 26,886

(Equação da curva de duas bombas associadas em paralelo com rotação plena: 1750 rpm)

#### Gráficos das curvas do sistema e da bomba



1. Curvas do sistema e da bomba, com a rotação ajustada à Situação 2.

#### 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 = 56,69 L/s Hman = 23,62 m

A obtenção exata da vazão de bombeamento prevista foi obtida através de ajuste na rotação do motor, condição operacional que será permitida com a utilização de inversor de frequência que deverá constar no painel de acionamento do conjunto moto bomba.

#### Condições operacionais do sistema de recalque - situação 2

* Rotação ajustada para melhor desempenho 1475 rpm
* Percentual da rotação padrão 84,3%
* Coeficiente de ajuste de rotação 0,710
* Rendimento da bomba no ponto de operação 64,83%
* Potência consumida em cada bomba 14 cv
* Potência admitida por bomba 31 cv
* Potência total a instalar 62 cv

## Situação 3 – Três Bombas Associadas em Paralelo

### Informações específicas para o dimensionamento

Nesta situação, o sistema de recalque operará com três bombas, idênticas às anteriormente especificadas, associadas em paralelo, e capacidade de bombeamento correspondente à vazão máxima horária em final de plano.

* Vazão a bombear (QB) 113,37 L/s
* Vazão mínima sem infiltração 31,72 L/s

### Cálculo da Altura Manométrica

#### Perda de carga contínua na tubulação de recalque

* Diâmetro do recalque (DR) 263 mm
* Vazão a bombear (QB) 113,37 L/s
* Perda de carga unitária (J) 0,0143 m/m
* Perda de carga (hfcr) 6,097 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° | 3 | 100 | 37,79 | 4,81 | 0,40 | 1,415 |
| Ampliação | 3 | 100x150 | 37,79 | 4,81 | 0,25 | 0,884 |
| Tubo L total = 2,50 m | 3 | 150 | 37,79 | 2,14 | 0,32 | 0,224 |
| Curva 90° | 3 | 150 | 37,79 | 2,14 | 0,40 | 0,280 |
| Válvula de retenção | 3 | 150 | 37,79 | 2,14 | 2,50 | 1,751 |
| Registro de gaveta | 3 | 150 | 37,79 | 2,14 | 0,20 | 0,140 |
| Tê saída lateral | 1 | 150 | 37,79 | 2,14 | 1,30 | 0,303 |
| Ampliação | 1 | 150x200 | 37,79 | 2,14 | 0,19 | 0,044 |
| Tê passagem direta | 1 | 200 | 56,69 | 1,80 | 0,60 | 0,099 |
| Ampliação | 1 | 200x250 | 56,69 | 1,80 | 0,15 | 0,025 |
| Tê passagem direta | 3 | 250 | 113,37 | 2,31 | 0,60 | 0,490 |
| Curva 22º | 2 | 250 | 113,37 | 2,31 | 0,10 | 0,054 |
| Curva 45º | 4 | 250 | 113,37 | 2,31 | 0,20 | 0,218 |
| Curva 90º | 2 | 250 | 113,37 | 2,31 | 0,40 | 0,218 |
| Saída de canalização | 1 | 250 | 113,37 | 2,31 | 1,00 | 0,272 |
| **Total** | | | | | | **6,417** |

#### Perda de carga total

hf = hfcr + hflr

hf = 6,097 + 6,417 hf = 12,514 m

#### Altura manométrica

Hman = Hg + hf

Hman = 17,900 + 12,514 Hman = 30,414 m

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

#### Curva do sistema

Hm = Hg + r Q²

Hm = 17,920 + 0,00974 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

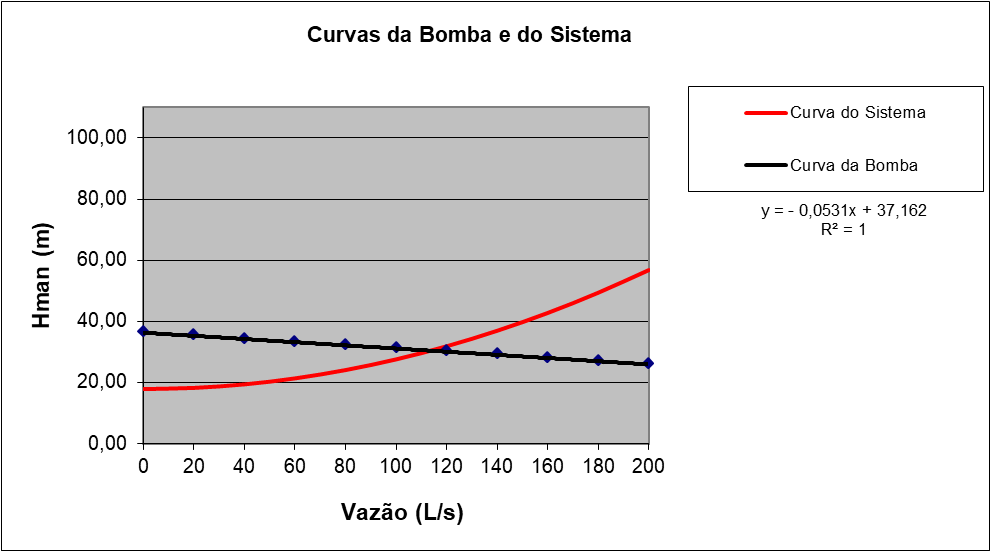
Admitiram-se três unidades do conjunto moto bomba anteriormente especificado, associadas em paralelo. Os pontos da curva resultante da citada associação foram obtidos a partir dos pontos da curva original de uma bomba, convertidos nos pontos homólogos da curva resultante da associação, nos quais são mantidas suas alturas manométricas e triplicadas suas vazões.

Da nova curva tabelada em pares ordenados (vazão x altura manométrica), obteve-se por regressão quadrática, um polinômio quadrático, cuja expressão analítica é:

Hm = - 0,0531 Q + 37,162

(equação da curva resultante da associação de três bombas em paralelo com rotação plena: 1750 rpm).

#### Gráfico das curvas do sistema e da bomba



1. Curvas do sistema e da bomba, com a rotação ajustada à Situação 3.

#### 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 = 113,43 L/s Hman = 30,43 m

Nesta situação operacional a vazão exata de bombeamento prevista foi obtida sem a necessidade de ajuste na rotação do motor.

#### Condições operacionais do sistema de recalque - situação 3

* Rotação ajustada para melhor desempenho 1720 rpm
* Percentual da rotação padrão 98,3%
* Coeficiente de ajuste de rotação 0,966
* Rendimento da bomba no ponto de operação 69,28%
* Potência consumida por bomba 22 cv
* Potência admitida por bomba 31 cv
* Potência total a instalar 93 cv

## Resumo das Situações Operacionais

Apresentam-se a seguir um quadro resumo dos pontos de operação, rotações ajustadas e potências dos conjuntos moto bombas.

Recomenda-se que os painéis de comando dos conjuntos moto bomba sejam dotados de inversores de frequência, que permitirão inúmeras situações operacionais, com vazões intermediárias ás que foram anteriormente descritas e resumidas no quadro apresentado a seguir:

1. Resumo das Situações Críticas de Operação

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Vazão**  **(L/s)** | **Hman**  **(m)** | **Rotação Ajustada**  **(rpm)** | **Potência**  **Consumida por bomba**  **(cv)** |
| **SISTEMA 3 BOMBAS** | | | |
| 113,43 | 30,43 | 1720 | 22 |
| **SISTEMA 2 BOMBAS** | | | |
| 56,81 | 23,45 | 1475 | 14 |
| **SISTEMA 1 BOMBA** | | | |
| 37,83 | 20,74 | 1420 | 15 |

## Poço de Sucção

### Cálculo do volume

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“é a vazão maxima horária em final de plano.

QB = 113,37 L /s 🡪 6,818 m³/min

Vu ≥2,5 x 6,802

Vu ≥17,006 m³

### Caracterização dimensional

* Formato Prismático
* Comprimento 2,400 m
* Largura 4,000 m
* Submergência mínima 0,350 m
* Altura útil 1,800 m
* Altura efetiva 1,250 m
* Volume útil 17,280 m³
* Volume efetivo 12,000 m³

### Verificação dos tempos de detenção hidráulica

#### Situação operacional 1

* Vazão mínima sem infiltração 10,57 L/s
* Tempo de detenção hidráulico 18,92 minutos

#### Situação operacional 2

* Vazão mínima sem infiltração 15,86 L/s
* Tempo de detenção hidráulico 12,61 minutos

#### Situação operacional 3

* Vazão mínima sem infiltração (final de plano) 31,72 L/s
* Tempo de detenção hidráulico (final de plano) 6,31 minutos

### Flutuação do nível d’água no interior do poço de sucção

Nas três situações operacionais descritas pode-se admitir que o nível d’água oscile entre os níveis mínimo e máximo, que definem a altura útil do poço de sucção.

## Linha de Recalque

* Material Ferro fundido
* Diâmetro 263 mm
* Extensão 426,37 m
* Velocidade na situação operacional 1 0,70 m/s
* Velocidade na situação operacional 2 1,04 m/s
* Velocidade na situação operacional 3 2,09 m/s

## Cálculo das Pressões Transientes

### Metodologia de cálculo empregada

A estimativa da intensidade dos transitórios hidráulicos em tubulações de recalque apresentada a seguir foi realizada através do emprego do “Método Simplificado” apresentado no XV Encontro de Engenheiros de Assistência Técnica, realizado em Joinville SC entre os dias 23 a 27 de outubro de 1989.

### Características do fluido a recalcar

Fluído esgotos sanitários

Massa específica a 25° 997,00 kg/m³

Módulo de elasticidade 2,28 GPa

### Condições operacionais do sistema

Vazão 113,73 L/s

Altura geométrica 17,90 m

Altura manométrica 30,43 m

Perda de carga 12,53 m

Cota piezométrica na sucção da bomba 610,600 m

### Celeridade (C)

 (m/s)

Onde:

K – Coeficiente relativo ao material constituinte da tubulação;

D – Diâmetro da tubulação (mm);

e – Espessura da parede da tubulação (mm).

### Período da tubulação (T)

 (s)

Onde:

L – Comprimento da tubulação (m);

C – Celeridade da tubulação (m/s)

### Tempo de parada (t)

Onde:

η – Rendimento do conjunto moto bomba (%);

WR – Momento de inércia do conjunto girante (kg.m²);

ⱷ – Rotação dos conjuntos moto bombas (rpm);

Q – Vazão de recalque em (L/s);

Hm – Altura manométrica (m);

P – Potencia de cada conjunto moto bomba (cv);

### Variação da pressão (∆H)

Se t ≥ T então a manobra é lenta, a variação da pressão é calculada pela equação de Michaud.

 (m)

Se t ≤ T então a manobra é rápida, neste caso a variação da pressão é calculada pela equação de Allievi.

 (m)

C – Celeridade da tubulação (m/s)

Nas duas equações anteriores:

“g” - é a aceleração da gravidade em (m/s²);

L – Extensão da linha de recalque (m);

v – Velocidade do fluxo (m/s);

### Caracterização da linha de recalque

A linha de recalque em sua totalidade será constituída por tubos de ferro fundido, conforme descrito a seguir:

Extensão (L) 426,37 m

Diâmetro interno (D) 263 mm

Espessura da parede (e) 5,5 mm

Módulo de elasticidade do material 170,00 GPa

Coeficiente de Poisson do material 0,280

Fator referente à fixação da tubulação 0,92

Celeridade (C) 1.199 m/s

Velocidade (v) 2,09 m/s

Período (T) 0,8 s

### Características dos conjuntos moto bombas

Potência requerida 22 cv

Rotação ajustada 1.720 rpm

Rendimento no ponto de operação 69,3%

Momento de inercia das partes girantes 0,35 kg.m²

### Resultados

Tempo de parada da bomba (t) 4,79 s

Tipo de manobra Lenta

Variação de pressão (∆H) 37,874 m

Cota da sobre pressão máxima 666,374 m

Cota da sub pressão mínima 590,625 m

Cota manométrica máxima 641,027 m

Acréscimo sobre a altura manométrica 25,347 m

Apresenta-se a seguir o quadro de pressões e seu respectivo gráfico com representação do perfil da linha de recalque e suas linhas de pressões.

### Quadro de pressões

1. Pressões na Linha de Recalque



### Gráfico das linhas de pressão

## 

## Dispositivos Operacionais e de Segurança da Linha de Recalque

Em função do traçado da linha de recalque, em aclive por toda a sua extensão, fica dispensado o uso de ventosas nessa tubulação. A expulsão e admissão de ar na linha de recalque, por ocasião do seu enchimento ou esvaziamento respectivamente, ocorrerão pela sua extremidade de jusante, no primeiro poço de visita do emissário.

No ponto mais baixo da tubulação, que ocorre ainda no barrilete da elevatória, foi previsto a instalação de um registro para descarga para o completo esvaziamento da linha de recalque, caso seja operacionalmente seja necessário.

Nos pontos de deflexões da linha de recalque serão implantados blocos de ancoragem em oposição aos empuxos hidráulicos aplicados nas mesmas de forma a impedir a movimentação da tubulação.

O dimensionamento dos blocos de ancoragem é precedido pelos cálculos dos empuxos hidráulicos, realizados através da seguinte formulação matemática:



Onde:

EH = Empuxo hidráulico

P = Pressão interna na tubulação no ponto em estudo

θ= Deflexão do eixo da tubulação

De = Diâmetro externo da tubulação

Admitiram-se dois modelos de blocos de ancoragem para as situações previstas neste projeto, ambos dimensionados sem necessidade de armação, portanto especificados em concreto simples Fck 20,0 MPa.

Bloco de ancoragem tipo 01

* Utilização Curvas 90º
* Comprimento (A) 1,00 m
* Largura (B) 1,00 m
* Berço (C) 0,50 m
* Espessura do berço (h) 0,40 m
* Altura (H) 0,80 m

Bloco de ancoragem tipo 02

* Utilização Curvas 22º e 45º
* Comprimento (A) 0,60 m
* Largura (B) 0,60 m
* Berço (C) 0,50 m
* Espessura do berço (h) 0,40 m
* Altura (H) 0,80 m

Apresenta-se em apenso a planilha de dimensionamento estrutural destes blocos de ancoragem.

# REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BAPTISTA, Márcio; COELHO, Márcia. **Fundamentos de Engenharia Hidráulica.** Editora UFMG – Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, 2002;
2. CRESPO, Patrício. **Sistema de Esgotos.** Editora UFMG – Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, 1997;
3. DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA – DAAE. Disponível em www.daee.sp.gov.br, acessado em 05 de maio de 2016;
4. BASTOS, Francisco. Problemas de Mecânica dos Fluidos. Rio de Janeiro, 1983;
5. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Disponível em www.ibge.gov.br, acessado em 05 de maio de 2016;
6. BAPTISTA, Márcio; COELHO, Márcia. **Fundamentos de Engenharia Hidráulica.** Editora UFMG – Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, 2002;

# ANEXOS

**PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO DA REDE COLETORA**

**PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO DO EMISSÁRIO**

**PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO DOS BLOCOS DE ANCORAGEM**



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

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

**Endereço Eletrônico: ottawaeng@terra.com.br / Telefax: (31) 2527-2800**