



PREFEITURA MUNICIPAL DE MURIAÉ - MG

PROJETOS PARA SISTEMAS DE ESGOTOS SANITÁRIOS DE MURIAÉ

Contrato 039/2018



BAIRRO SANTO ANTÔNIO
PROJETO BÁSICO
VOLUME I – MEMORIAL DESCRITIVO E DE CÁLCULOS

OTTAWA
ENGENHARIA

DEZEMBRO / 2018

PROJETOS PARA SISTEMAS DE ESGOTOS SANITÁRIOS DE MURIAÉ – MG

Contrato 039/2018



Prefeitura Municipal de Muriaé

Av. Maestro Sansão, nº236, Bairro Centro

Muriaé – MG CEP 36.880-002

Telefone: (32) 3696-3362

BAIRRO SANTO ANTÔNIO
PROJETO BÁSICO
VOLUME I – MEMORIAL DESCRITIVO E DE CÁLCULOS
2ª VERSÃO

OTTAWA
ENGENHARIA

MURIAÉ
MAIO / 2019

OTTAWA Engenharia Ltda.
Rua Nilton Baldo, 744-A, Bairro Paquetá, Belo Horizonte – MG

Projetos para Sistemas de Esgotos Sanitários de Muriaé – MG
Bairro Santo Antônio - Projeto Básico
Volume I – Memorial Descritivo e de Cálculos
Ano: 2018
nº de f. 33

Prefeitura de Muriaé – Av. Maestro Sansão, nº236, Bairro Centro
Muriaé – MG.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	3
1 INFORMAÇÕES CADASTRAIS.....	4
1.1 Identificação do Proponente	4
1.2 Responsabilidade Técnica pelo Projeto de Engenharia	4
1.3 Equipe Técnica.....	4
2 RESUMO DA CONCEPÇÃO TÉCNICA	6
3 PARÂMETROS DE PROJETO	7
4 REDES COLETORAS DE ESGOTOS.....	9
4.1 Diretrizes Gerais.....	9
4.2 Quesitos a Serem Verificados e Atendidos.....	9
4.3 Diâmetros e Materiais.....	9
4.4 Tensão Trativa.....	9
4.5 Declividade	10
4.6 Velocidade de Escoamento	10
4.7 Lâmina d'Água	11
4.8 Traçado da Tubulação.....	11
4.9 Sistematização dos Cálculos	11
4.10 Resumo da Tubulação a Implantar	11
5 ELEVATÓRIA DE TRANSPOSIÇÃO DE BACIAS.....	13
5.1 Justificativa.....	13
5.2 Informações para o Dimensionamento	13
5.3 Escolha dos Diâmetros.....	13
5.3.1 Diâmetro do barrilete (D_B)	13
5.3.2 Diâmetro da linha de recalque (D_R)	13
5.4 Cálculo da Altura Manométrica	14
5.4.1 Perda de carga contínua na tubulação de recalque.....	14
5.4.2 Perdas de carga localizada no recalque.....	14
5.4.3 Perda de carga total.....	14
5.4.4 Altura manométrica	14
5.5 Curvas da Bomba, do Sistema e Ponto de Operação.....	14
5.5.1 Curva do sistema	14
5.5.2 Curva da bomba.....	15
5.5.3 Curvas do sistema e da bomba	17
5.5.4 Ponto de operação	17
5.6 Especificação dos Conjuntos Moto-Bombas	17
5.7 Poço de Sucção	18
5.7.1 Volume do poço de sucção	18
5.7.2 Caracterização do poço de sucção	18
5.8 Linha de Recalque.....	19
5.8.1 Transientes hidráulicos – metodologia aplicada	19
5.8.2 Condições operacionais do sistema	20

SES BAIRRO SANTO ANTÔNIO – PROJETO BÁSICO - MEMORIAL DESCRITIVO E DE CÁLCULO

5.8.3	Características físicas do fluido a recalcar	21
5.8.4	Caracterização da linha de recalque	21
5.8.5	Tempo de parada	21
5.8.6	Resultados obtidos.....	21
5.9	Empuxos e Blocos de Ancoragem	25
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	27
7	ANEXOS	28
	ANEXO 1. Planilhas de Dimensionamento das Redes Coletoras	
	ANEXO 2. Planilhas de dimensionamento dos blocos de ancoragem	

APRESENTAÇÃO

O presente trabalho constitui-se no projeto básico das melhorias e ampliações dos sistemas de esgotos sanitários do Bairro Santo Antônio elaborado por OTTAWA ENGENHARIA LTDA, contratada pelo Município de Muriaé através do PROCESSO LICITATÓRIO PREGÃO 076/2018 - CONTRATO Nº 039/2018.

1 INFORMAÇÕES CADASTRAIS

1.1 Identificação do Proponente

- Razão Social: Prefeitura Municipal de Muriaé
- CNPJ: 17.947.581/0001-76
- Prefeito: Ioannis Konstantinos Grammatikopoulos
- Endereço: Av. Maestro Sansão, nº 236, Centro
- Município/UF: Muriaé - MG
- CEP: 36.880-002
- Telefax: (32) 3696-3362
- Endereço eletrônico: cmagno.smderi@gmail.com

1.2 Responsabilidade Técnica pelo Projeto de Engenharia

- Nome: Ottawa Engenharia Ltda.
- Endereço: Rua Nilton Baldo, 744-A
Bairro Jardim Paquetá
Belo Horizonte – MG / CEP: 31.330-660
- Endereço eletrônico: ottawaeng@terra.com.br

1.3 Equipe Técnica



- Coordenador Geral do Projeto, Engenheiro Civil:
Carlos Mauro Novais Gonçalves
CREA-MG: 49.318/ D
- Especialista, Engenheiro Civil:
Hudson Costa Rocha
CREA-MG: 99.507/D
- Engenheiro Civil de Estruturas:
Olavo Ianhez Neto
CREA-MG: 154.912/D
- Engenheiro Orçamentista:

Gildácio Pereira Chagas
CREA-MG: 184.893/D

- Engenheiro Eletricista:

Coracy Martins
CREA-MG: 36.457/D

- Consultor Ambiental:

Guilherme de Faria Barreto
Biólogo CRBio: 30.774-4

2 RESUMO DA CONCEPÇÃO TÉCNICA

Conforme descrito no Estudo de Concepção, foi idealizada a implantação de três redes coletoras nesse bairro, as duas primeiras ao longo das margens do Córrego Barra Alegre e a terceira na Rua Dr Newton Rezende, em substituição à lá existe. Essas redes coletoras convergirão numa elevatória, a implantar num terreno aonde foi iniciada, paralisada e abandonada a construção de uma estação de tratamento de esgotos que atenderia um empreendimento imobiliário. Para chegar à elevatória a rede de esgotos situada na margem direita do córrego necessitará de uma travessia sob o curso d'água. A linha de recalque dessa elevatória terá sua extremidade de jusante num poço de visita existente situado à Rua Antônio Pereira Galvão, hidráulicamente conectado à estação de tratamento de esgotos denominada ETE Principal.

3 PARÂMETROS DE PROJETO

O dimensionamento das redes coletoras e sistema de recalque necessários ao Bairro Santo Antônio foram realizados a partir dos parâmetros básicos de projeto estabelecidos no Estudo de Concepção que precedeu à elaboração de todos os projetos básicos contidos no objeto da contratação citada na apresentação desse relatório.

Apresenta-se a seguir a tabela com os resumos das vazões dos pontos de interesse do projeto.

Tabela 1. Vazões Bairro Santo Antônio

Ponto/Logradouro	População	Vazões de Projeto				
	Final de Plano (hab)	Infiltração Final de Plano (L/s)	Mínima Final de Plano (L/s)	Média Final de Plano (L/s)	Máx.dia Final de Plano (L/s)	Máx.h Final de Plano (L/s)
Ponto 01	5.952	1,19	4,92	9,84	11,81	16,76
Ponto 02	134	0,03	0,11	0,22	0,26	0,38
Ponto 03	59	0,01	0,05	0,10	0,12	0,16
Ponto 04	3.089	0,62	2,56	5,11	6,13	8,70
Ponto 05	85	0,02	0,07	0,14	0,17	0,24
Ponto 06	140	0,03	0,12	0,23	0,28	0,40
Ponto 07	349	0,07	0,29	0,58	0,70	0,98
Ponto 08	1.725	0,35	1,43	2,86	3,43	4,86
Ponto 09	70	0,01	0,06	0,11	0,13	0,19
Ponto 10	105	0,02	0,09	0,17	0,20	0,29
Ponto 11	588	0,12	0,49	0,97	1,16	1,66
Ponto 12	101	0,02	0,09	0,17	0,20	0,28
Ponto 13	12	0,00	0,01	0,02	0,02	0,03
Newton Resende	394	0,08	0,33	0,65	0,78	1,11
Antônio Pereira Galvão	46	0,01	0,04	0,08	0,10	0,13

4 REDES COLETORAS DE ESGOTOS

4.1 Diretrizes Gerais

As redes coletoras foram projetadas com base em levantamento topográfico elaborado exclusivamente para esse fim, e na sequência realizou-se sua verificação hidráulica, cujas planilhas de simulação de simulação hidráulica estão apensadas ao trabalho. A formulação matemática e os parâmetros técnicos empregados no projeto estão a seguir descritos.

4.2 Quesitos a Serem Verificados e Atendidos

- Tensão Trativa mínima $T_t > 0,6 \text{ Pa}$
- Vazão mínima de cálculo $1,5 \text{ L/s}$
- Velocidade máxima na tubulação $5,0 \text{ m/s}$
- Lâmina d'água máxima 75%
- Distância máxima entre PV's 80 m
- Tubo de queda a partir de degraus superiores a $\geq 0,50 \text{ m}$

4.3 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 nos diâmetros 150 mm, 200 mm, 250 mm e 300 mm, e de ferro fundido nos diâmetros 150 mm, 250 mm e 300 mm em situações de travessias de obstáculos, cursos d'água e elementos estruturais de drenagem urbana. Ressalta-se que o trecho de 200 mm de diâmetro refere-se ao trecho de rede existente que receberá a linha de recalque e devido ao acréscimo de vazão será substituído.

4.4 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 em tubulações de PVC. Nos trechos em ferro fundido a tensão trativa mínima considerada foi de 1,0 Pa.

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

$$T_t = \delta \times R_H \times l$$

$$R_H = \frac{D}{4} \left(1 - \frac{\text{sen}\theta}{\theta} \right)$$

$$\theta = 2 \cos^{-1} \left(1 - 2 \frac{y}{D} \right)$$

$$\frac{y}{D} = K \left\{ \text{sen} \left[\frac{\pi}{180} (53 + 100K) \right] \right\}^{\left(-\frac{1}{6} \right)}$$

$$K = \text{tg} \left[\frac{\pi}{180} \left(\frac{4961,5 \times n \times Q}{D^3 \times l^2} \right)^{0,493} \right]$$

Obs.: o fator $\frac{\pi}{180}$ é utilizado para converter o argumento das funções trigonométricas de graus para radianos.

Onde:

δ = peso específico do esgoto = 10^4 N/m³;

l = 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.

4.5 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 o material da tubulação, PVC e ferro fundido respectivamente, 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.

4.6 Velocidade de Escoamento

A velocidade de escoamento do esgoto em tubulação de seção circular foi

avaliada pela expressão:

$$V = \frac{8Q}{D^2(\theta - \text{sen}\theta)}$$

4.7 Lâmina d'Água

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

4.8 Traçado da Tubulação

A definição do reticulado que representa o traçado das redes coletoras seguiu o consenso entre os técnicos da contratada e do DEMSUR durante as visitas técnicas e o levantamento planialtimétrico elaborado exclusivamente para este propósito.

4.9 Sistematização dos Cálculos

De acordo com o traçado das tubulações e a formulação matemática apresentada, elaboraram-se planilhas de dimensionamento das redes coletoras de esgotos apresentadas em anexo. O carregamento das vazões das redes coletoras foi elaborado de acordo com o número de economias informado pelo DEMSUR e planilhas de vazões apresentadas anteriormente.

Importante é citar que o trecho de rede coletora compreendido entre o PV01 e PV10, já foi implantado pelo DEMSUR e assim seus respectivos quantitativos foram excluídos da relação de materiais e da planilha orçamentária de implantação desse projeto.

4.10 Resumo da Tubulação a Implantar

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

▪ PVC JE DN150	1.873,00 m
▪ PVC JE DN200	103,08 m*
▪ PVC JE DN250	720,00 m

SES BAIRRO SANTO ANTÔNIO – PROJETO BÁSICO - MEMORIAL DESCRITIVO E DE CÁLCULO

- PVC JE DN30055,00 m
- F°F° JE DN150 10,00 m
- F°F° JE DN250 135,00 m
- F°F° JE DN3005,00 m

*trecho de rede existente a jusante da linha de recalque que será substituído.

5 ELEVATÓRIA DE TRANSPOSIÇÃO DE BACIAS

5.1 Justificativa

As redes coletoras de esgotos do Bairro Santo Antônio, conforme citado no resumo da concepção desse projeto, convergem a certo local, dito ponto baixo, a partir do qual o escoamento dos esgotos, sob o regime hidráulico de condutos livres, só é possível para seu lançamento no curso d'água mais próximo, o Córrego Barra, sem o necessário tratamento. Assim será necessária a implantação de um sistema de recalque, para que sob o regime hidráulico de condutos forçados, os esgotos do Bairro sejam transportados para um local hidraulicamente conectado a uma estação de tratamento de esgotos, no caso a ETE Principal. Essa elevatória de esgotos será equipada por conjuntos moto bomba do tipo submersível, cujo dimensionamento a seguir se demonstra.

5.2 Informações para o Dimensionamento

- Vazão máxima 36,17 L/s
- Vazão mínima sem infiltração 9,34 L/s
- Extensão da linha de recalque 716,62 m
- Cota do NA máximo no poço de sucção 176,310 m
- Cota do NA mínimo no poço de sucção 175,310 m
- Cota mais elevada da linha de recalque 201,00 m
- Altura geométrica..... 25,690 m

5.3 Escolha dos Diâmetros

5.3.1 Diâmetro do barrilete (D_B)

De forma a evitar elevadas velocidades no barrilete adotou-se, $D_B = 80$ mm.

5.3.2 Diâmetro da linha de recalque (D_R)

Para compatibilizar a curva do sistema com a curva da bomba empregou-se para a linha de recalque o diâmetro, $D_R = 200$ mm, que proporciona uma velocidade de fluxo próximo de 1,00 m/s.

5.4 Cálculo da Altura Manométrica

5.4.1 Perda de carga contínua na tubulação de recalque

- Diâmetro do recalque (D_R)200 mm
- Vazão ($Q_{m\acute{a}x}$)..... 36,17 L/s
- Perda de carga unitária (J)0,0064 m/m
- Perda de carga (hf_{cr})4,586 m

5.4.2 Perdas de carga localizada no recalque

Tabela 2. Perdas de Carga Localizadas

Singularidades	Qte	DN (mm)	Vazão (L/s)	V (m/s)	K	hf_{lr} (m)
Curva 90°	1	100	36,17	4,61	0,40	0,433
Ampliação	1	100x150	36,17	4,61	0,56	0,325
Tubo L total = 3,20 m	1	150	3,87	2,05	0,95	0,150
Curva 90°		150	36,17	2,05	0,40	0,086
Válvula de retenção	1	150	36,17	2,05	2,75	0,535
Registro de gaveta	1	150	36,17	2,05	0,20	0,043
Curva 45°	1	150	36,17	2,05	0,20	0,043
Tê passagem direta	1	150	36,17	2,05	0,60	0,086
Junção	1	150	36,17	2,05	0,40	0,064
Ampliação	1	150x200	36,17	2,05	0,19	0,129
Curva 90°	3	200	36,17	1,15	0,40	0,081
Curva 45°	1	200	36,17	1,15	0,20	0,013
Saída de canalização	1	200	36,17	1,15	1,00	0,067
Total						2,055

5.4.3 Perda de carga total

$$hf = hf_{cr} + hf_{lr}$$

$$hf = 4,586 + 2,055 \quad hf = 6,641 \text{ m}$$

5.4.4 Altura manométrica

$$H_{man} = H_g + hf$$

$$H_{man} = 25,690 + 6,641 \quad H_{man} = 32,331 \text{ m}$$

5.5 Curvas da Bomba, do Sistema e Ponto de Operação

5.5.1 Curva do sistema

$$H_m = H_g + r Q^2$$

$$r = \frac{\sum (\text{Perdas de Carga})}{Q^2}$$

$$r = \frac{6,641}{36,17^2} = 0,0051$$

$$H_m = 25,690 + 0,0051 \times Q^2$$

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.

5.5.2 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 F 100-316, rotor 275 mm, 1750 rpm cuja curva de desempenho esta apresentada a seguir.

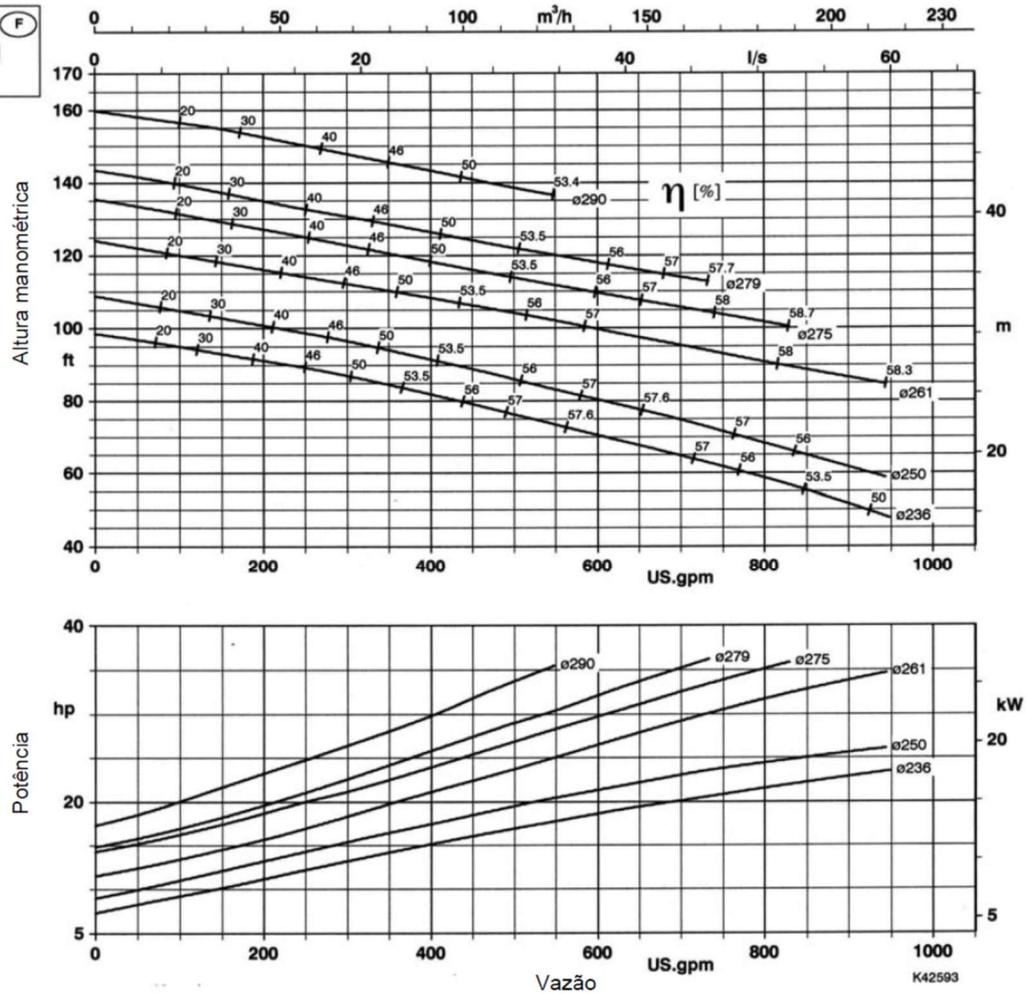


KRT

KRT F 100-316

1750 rpm

100 mm



Passagem livre 4" (100mm)

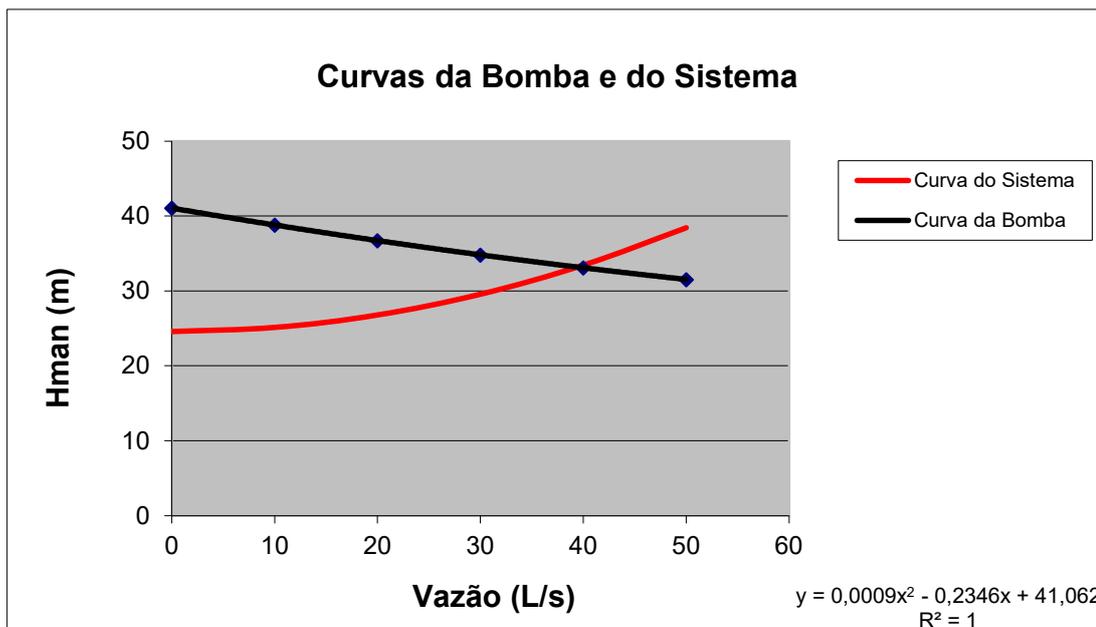
Tamanhos disponíveis de motores

POTÊNCIA DO MOTOR				TEMP. MÁXIMA DO LÍQUIDO		CÓDIGO DO MOTOR
Material						
G/G1/G2/GH/H	C1/C2			°F	°C	
Hp	kW	Hp	kW			
15	11,2	15	11,2	104	40	114U 114X *)
				140	60	164W 164Z *)
						164U 164X *)
20	14,9	20	14,9	104	40	234U 234X *)
						294W 294Z *)
31	23,1	28	20,9	104	40	294U 294X *)

*) (FM / CSA) = À prova de explosão para Classe I, Divisão 1, Grupos C & D
Nota: Conjuntos com motores 114 e 164, somente sob consulta.

5.5.3 Curvas do sistema e da bomba

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, um polinômio quadrático apresentado junto ao gráfico abaixo, que expressa a forma analítica da curva da bomba.



5.5.4 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.

$$Q = 38,769 \text{ L/s} \quad H_{\text{man}} = 33,320 \text{ m}$$

5.6 Especificação dos Conjuntos Moto-Bombas

- Marca KSB
- Modelo KRT F 100-316/54XG
- Diâmetro da descarga 100 mm
- Diâmetro do rotor 275 mm
- Diâmetro máximo de sólidos 100 mm
- Rotação 1.750 r.p.m.
- Rendimento da bomba 55%
- Potência consumida 32,58 cv
- Potência do motor 36,00 cv

- Vazão da bomba.....146,620 m³/h
- Altura manométrica.....33,000 m

5.7 Poço de Sucção

5.7.1 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 (V_u) definido da seguinte forma.

(T_1) tempo de enchimento do poço de sucção

$$T_1 = \frac{V_u}{Q_e}$$

Q_e , vazão afluyente de esgoto.

(T_2) = tempo de esvaziamento do poço de sucção

$$T_2 = \frac{V_u}{Q_B - Q_e}$$

Q_B - Vazão da bomba definida no item anterior.

(T_C) Tempo do Ciclo

$T_C = T_1 + T_2$ deve ser no mínimo igual a 10 minutos.

$$\frac{V_u}{Q_e} + \frac{V_u}{Q_B - Q_e} \geq 10$$

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

$$V_u \geq 2,5 \times Q_B$$

$$Q_B = 40,636 \text{ L /s} \rightarrow 0,25 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$V_u \geq 2,5 \times 2,438$$

$$V_u \geq 6,10 \text{ m}^3$$

5.7.2 Caracterização do poço de sucção

- Formato Prismático
- Comprimento 3,00 m
- Largura 3,00 m
- Submersão mínima 0,60 m

- Altura útil 1,00 m
- Altura efetiva 1,10 m
- Volume útil 9,00 m³
- Volume efetivo 9,90 m³
- Vazão mínima sem infiltração 9,34 L/s
- Tempo de detenção hidráulico 17,67 minutos

5.8 Linha de Recalque

5.8.1 Transientes hidráulicos – metodologia aplicada

5.8.1.1 Celeridade (C)

$$C = 9.900 \times \left(48,3 + \frac{K \times D}{e} \right)^{-1/2} \quad (\text{m/s})$$

Onde:

K – Coeficiente relativo ao material constituinte da tubulação;

D – Diâmetro da tubulação (mm);

e – Espessura da parede da tubulação (mm).

5.8.1.2 Período da tubulação (T)

$$T = \frac{2 \times L}{C} \quad (\text{s})$$

Onde:

L – Comprimento da tubulação (m);

C – Celeridade da tubulação (m/s)

5.8.1.3 Tempo de parada (t)

$$t = F_1 + \frac{F_2 \times L \times v}{g \times H_m} \quad (\text{s})$$

Onde:

L – Extensão da adutora (m);

v – Velocidade do fluxo (m/s);

H_m – Altura manométrica (m);

g – Aceleração da gravidade (m/s²);

F₁ – Função da razão entre a altura manométrica e o comprimento da tubulação

$$F_1 = f\left(\frac{Hm}{L}\right)$$

- $\frac{Hm}{L} \leq 0,20$ $F_1 = 1,0$
- $\frac{Hm}{L} \leq 0,25$ $F_1 = 0,8$
- $\frac{Hm}{L} \leq 0,30$ $F_1 = 0,6$
- $\frac{Hm}{L} \leq 0,35$ $F_1 = 0,4$
- $\frac{Hm}{L} \leq 0,40$ $F_1 = 0,0$

F_2 – Coeficiente representativo do efeito giratório do conjunto moto bomba

- $L < 500$ m $F_2 = 2,00$
- $L \cong 500$ m $F_2 = 1,75$
- 500 m $< L < 1.500$ m $F_2 = 1,50$
- $L \cong 1.500$ m $F_2 = 1,25$
- $L > 1.500$ m $F_2 = 1,00$

5.8.1.4 Variação da pressão (ΔH)

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

$$\Delta H = \frac{2 \times L \times v}{g \times t} \quad (\text{m})$$

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

$$\Delta H = \frac{C \times v}{g} \quad (\text{m})$$

5.8.2 Condições operacionais do sistema

- Vazão 38,77 L/s
- Altura geométrica 25,69 m
- Altura manométrica 33,32 m
- Perda de carga 7,63 m

5.8.3 Características físicas do fluido a recalcar

- Fluido esgoto bruto
- Massa específica 998,20 kg/m³
- Módulo de elasticidade 2,05 GPa

5.8.4 Caracterização da linha de recalque

- Material ferro fundido
- Extensão 716,62 m
- Diâmetro 200 mm
- Espessura da parede 8,9 mm
- Módulo de elasticidade do material 170,00 GPa
- Coeficiente de Poisson do material 0,25
- Fator relativo à fixação da tubulação 1,08
- Celeridade 1.261 m/s
- Velocidade 1,23 m/s
- Período da tubulação 1,1s

5.8.5 Tempo de parada

- $\frac{Hm}{L}$ 0,05
- F1 1,00
- F2 1,50
- Tempo de parada (t) 5,1 s
- Tipo de manobra lenta

5.8.6 Resultados obtidos

- Variação de pressão 35,643 m
- Cota piezométrica máxima em regime permanente 214,020 m
- Cota piezométrica relativa à sobre pressão máxima 242,033 m
- Cota piezométrica relativa à subpressão mínima 170,747 m
- Acréscimo de pressão sobre a altura manométrica 28,014 m

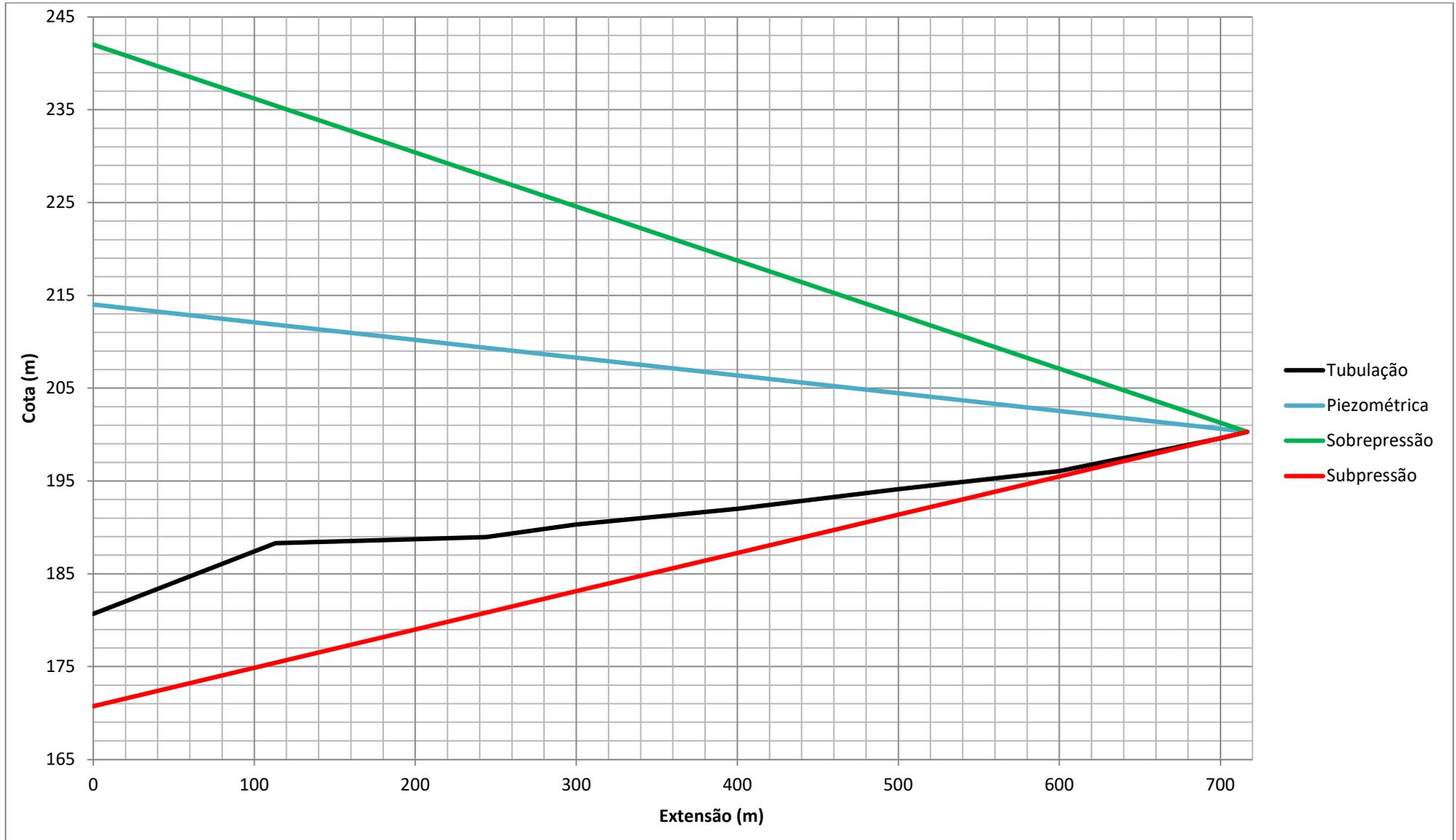
Toda a extensão da linha de recalque será constituída por tubos de ferro fundido, pois nas interrupções do bombeamento e ocorrência do golpe de aríete, ela deverá resistir aos esforços mecânicos resultantes das ondas de

subpressão, que nela produzirão pressões negativas em toda a sua extensão. Apresenta-se a seguir a planilha das linhas de pressão e seu respectivo gráfico para visualização de sua operação em regime permanente e na ocorrência dos transientes hidráulicos.

Tabela 3. Linhas de Pressão

LINHA DE RECALQUE - BAIRRO SANTO ANTÔNIO										
Estaca	Distancia à Origem	Cotas		Profund. (m)	Cotas das linhas de pressão			Pressões (mca)		
		Terreno	Soleira		Piezométrica	Sobrepessão	Subpressão	Normal	Sobrepessão	Subpressão
0 + 0,00	0,00	181,500	180,700	0,800	214,020	242,033	170,747	33,32	61,33	-9,95
5 + 13,19	113,19	192,000	188,300	3,700	211,853	235,442	175,415	23,55	47,14	-12,89
10	200,00	190,323	188,730	1,593	210,191	230,386	178,995	21,46	41,66	-9,74
12 + 3,95	243,95	190,000	188,950	1,050	209,349	227,827	180,807	20,40	38,88	-8,14
15	300,00	191,354	190,304	1,050	208,276	224,562	183,119	17,97	34,26	-7,19
20	400,00	193,050	192,000	1,050	206,362	218,739	187,243	14,36	26,74	-4,76
25	500,00	195,175	194,125	1,050	204,447	212,915	191,367	10,32	18,79	-2,76
30	600,00	197,123	196,073	1,050	202,533	207,092	195,491	6,46	11,02	-0,58
35	700,00	200,648	199,598	1,050	200,618	201,268	199,615	1,02	1,67	0,02
35 + 16,62	716,62	201,000	200,300	0,700	200,300	200,300	200,300	0,00	0,00	0,00

SES BAIRRO SANTO ANTÔNIO – PROJETO BÁSICO - MEMORIAL DESCRITIVO E DE CÁLCULO



5.9 Empuxos e Blocos de Ancoragem

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

$$E_H = 2P \times \frac{\pi D_e^2}{4} \times \text{sen}\left(\frac{\theta}{2}\right)$$

Onde:

E_H = Empuxo hidráulico

P = Pressão interna na tubulação no ponto em estudo

θ = Deflexão do eixo da tubulação

D_e = Diâmetro externo da tubulação

De forma aproximada, para curvas no plano horizontal LASMAR (2003) determina que a utilização de blocos de ancoragem possa ser dispensada caso a tensão transmitida ao solo, referente ao empuxo aplicado, distribuído no retângulo, definido por 50 cm de tubo e por seu diâmetro externo, seja inferior a tensão horizontal admissível do solo, admitida no máximo em 40 kN/m², caso essa grandeza não resulte de ensaios de laboratório de mecânica dos solos.

$$\sigma_H = \frac{E_H}{50\text{cm} \times D_e} \leq \sigma_{ADM-H} = 40 \text{ kN/m}^2$$

$$E_H \leq (50\text{cm} \times D_e) \times \sigma_{ADM-H}$$

Onde:

σ_H = Tensão horizontal aplicada ao solo

σ_{ADM-H} = Tensão horizontal máxima admitida no solo.

Em tubulações de diâmetro externo de 222 mm, o empuxo hidráulico máximo a partir do qual os blocos de ancoragem são necessários é:

$$E_H \leq (0,50 \times 0,222) \times 40$$

$$E_H \leq 4,44 \text{ kN}$$

Através da formulação matemática apresentada elaborou-se uma planilha de cálculos dos empuxos hidráulicos aplicados nas deflexões da tubulação, e o respectivo dimensionamento dos blocos de ancoragem. Admitiram-se para a linha de recalque da elevatória do Bairro Santo Antônio dois tipos de blocos de

ancoragem, um aplicável às curvas de 45° e o outro às de 90°.

Apresentam-se no anexo 2 as planilhas de cálculo de empuxos hidráulicos e de dimensionamento dos respectivos blocos de ancoragem, nos quais, a favor da segurança, foi considerada a pressão máxima verificada na linha de recalque correspondente à sobre pressão máxima de 60 m para a curva de 45° e 50 m para as curvas de 60°.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BAPTISTA, Márcio; COELHO, Márcia. **Fundamentos de Engenharia Hidráulica**. Editora UFMG – Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, 2002;
2. BASTOS, Francisco. **Problemas de Mecânica dos Fluidos**. Rio de Janeiro, 1983;
3. CHERNICHARO, Carlos (coordenador). **Pós-Tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios**. Belo Horizonte, 2001;
4. CRESPO, Patrício. **Elevatórias nos Sistemas de Esgotos**. Editora UFMG, Belo Horizonte, 2001;
5. CRESPO, Patrício. **Sistema de Esgotos**. Editora UFMG – Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, 1997;
6. CRESPO, Patrício. **Tratamento de Esgotos**. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG;
7. LASMAR, I. **Ancoragens de Tubulações com Juntas Elásticas**. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, 2003;
8. VON SPERLING, Marcos. **Introdução à Qualidade Das Águas e ao Tratamento De Esgotos**; Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, 2005;
9. VON SPERLING, Marcos. **Princípios Básicos do Tratamento de Esgotos**; Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, 2005.

7 ANEXOS

ANEXO 1

PLANILHAS DE DIMENSIONAMENTO DAS REDES COLETORAS

ANEXO 2
PLANILHAS DE DIMENSIONAMENTO DOS BLOCOS DE ANCORAGEM