

7. CURVAS DO SISTEMA E DA BOMBA

Horizonte de 20 anos



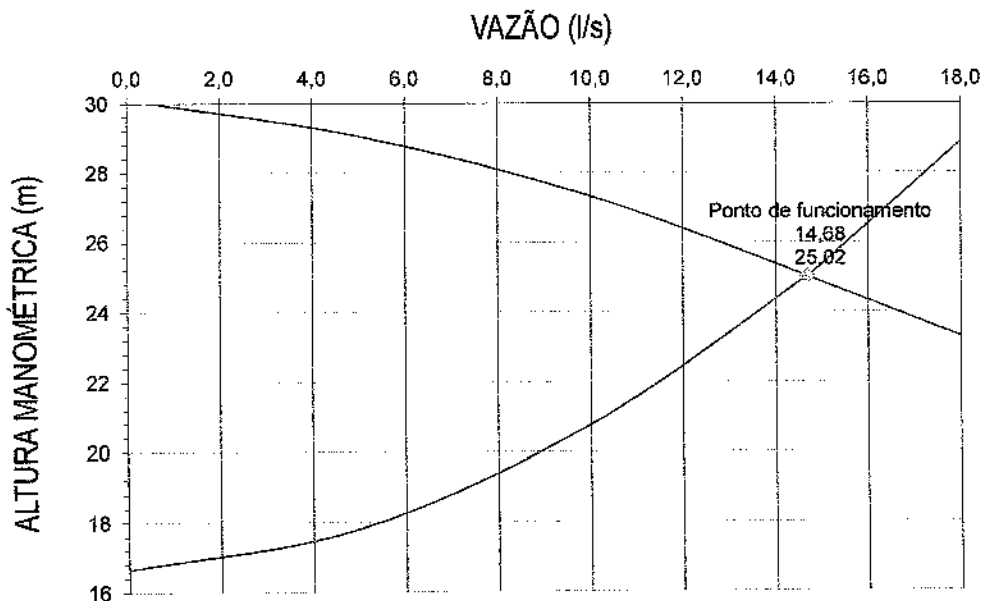
Q	AMT (m)		Q
	Sistema	Bomba	
0,0	16,66	30,10	0,0
5,0	17,82	29,06	18,0
10,0	20,77	27,33	36,0
14,7	25,02	25,02	52,8
15,0	25,37	24,85	54,0
18,0	28,90	23,29	64,8

— Curva do sistema
 Curva da bomba

Modelo EBARA-80DLCR67.5

Ponto de funcionamento

Q	AMT
14,68	25,02



7. CALCULO DA POTÊNCIA DAS BOMBAS

P = Potência instalada para cada conj. motor-bomba da estação elevatória

Ft = Fator de serviço

Q_{máx} = Vazão de bombeamento Etapa

AMT = Altura Manométrica Total etapa

N_b = Número de conjuntos motor-bomba em funcionamento simultâneo

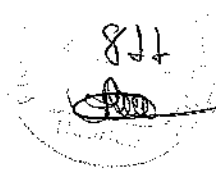
h = Rendimento do conjunto motor-bomba

Desta forma, tem-se que a potência instalada em cada conjunto motor-bomba é igual à:

P_b = Potência instalada para a bomba

—	
1,15	
0,01468	m ³ /s
25,02	m
1	motor(es)
58,62	%
9,61	cv
20	anos

Manoel Rodrigues de Sá
 Engenheiro Civil
 Rua ...
 ...

811


Os motores elétricos normalmente não possuem a potência especificada, portanto foi necessário utilizar as seguintes potências comerciais:

Potência comercial em cada conjunto motor-bomba da estação elevatória:

10,00	cv
10,00	cv
20	anos

Potência comercial total da estação elevatória:

i. Resumo da bomba calculada

Etapa	20 anos
Tipo	submersível
Config.	1+1R
Pot.(KW)	7,35
Pot.(adot-CV)	10,00
Vazão (l/s)	14,68
AMT (m)	25,02
Rendimento	58,62%

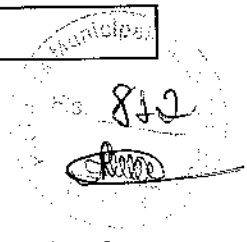
ii. Determinação do Conjunto Motor-bomba

O conjunto motobomba calculado, a partir das curvas do sistema, é o especificado abaixo:

Em anexo são apresentados os dados técnicos e dimensionais desse conjunto.

OBS: Como a variação da vazão máxima da 1ª para a 2ª etapa é inferior a 20%, adotaremos o dimensionamento para 2ª etapa.

Descrição	20 anos
Tipo	submersível
Config.	3+1R
Pot.(KW)	7,35
Vazão (l/s)	14,68
AMT (m)	25,02
Rotação	1800rpm
Frequencia	60hz
Rendimento	66,68%
Marca/modelo	EBARA-80DLCR67.5



$$NPSH_{disponível} = \pm H + \frac{P_a - P_v}{\gamma} \times 10 - h_f$$

Onde:

+H – carga ou altura de água na sucção (entrada afogada)

-H – altura de aspiração

P_a – pressão atmosférica no local

P_v – pressão de vapor

γ - peso específico

h_f – soma de todas perdas de carga na sucção

Cota da sucção	135,23 m
Cota do nível mínimo no poço	136,03 m
H	0,80 m
P_a (900m alt)	1 kgf/cm ²
P_v (24 °C)	0,03 kgf/cm ²
γ	1,00 kg/L
h_f	0,00 m
NPSHd	9,80 m
NPSHr	3,80 m

8. CÁLCULO DO VOLUME DO POÇO DE SUCÇÃO

O volume útil mínimo do poço de sucção foi determinado, de acordo com a expressão apresentada abaixo, em função do intervalo de tempo entre partidas, que deve ser de no mínimo 10 minutos, valor comumente empregado em projetos do gênero.

i. Volume útil

Para o cálculo do volume útil mínimo considerou-se a vazão máxima de final de plano, por representar a situação mais desfavorável em relação ao tempo de ciclo.

$$Vu = \frac{Q \cdot T}{4}$$

onde:

Vu : vol. útil mínimo do poço de sucção

Q : vazão de bombeamento (m³/min) =

0,88

T : tempo de ciclo (min) =

10,0

Com a vazão de bombeamento e um tempo de ciclo de 10 min. temos um volume útil de:

$$\underline{Vu (m^3) \quad 2,20}$$

O volume útil de projeto do poço, em função da máxima coluna d'água e da sua projeção horizontal, é calculado segundo a expressão:

$$Vp (m^3) = (NAMáx - NAMín) \cdot Seção \text{ do poço de sucção}$$

onde: Largura (m)

1,50

Margery Brachner Leite Tomaz
 Engenheira Civil - CRP 01/090
 Rua ...
 São Paulo, SP

813
Atos

Comp (m)	1,50
Quant	2,00
Seção (m ²):	4,50
NA máximo:	136,63
NA mínimo:	136,03

Para as condições geométricas definidas temos como resultado o seguinte volume útil de projeto:

$$\underline{V_p (m^3) \quad 2,70}$$

Portanto define-se o volume de útil de projeto acima apresentado, uma vez que satisfaz a condição:

$$V_p > V_u$$

ii. Volume efetivo

O volume efetivo do poço de sucção é o volume compreendido entre o nível médio de operação das bombas e o fundo do poço, sendo o seguinte:

$$Ve (m^3) = (NA_{med} - NA_{fundo}). \text{ Seção do poço de sucção}$$

onde: Largura (m):

1,50

Comp (m):

1,50

Quant

2,00

Seção (m²):

4,50

NA medio:

136,33

NA fundo:

135,23

$$\frac{Ve (m^3)}{4,95}$$

iii. Verificação do tempo de detenção

O tempo de detenção é definido pela seguinte expressão:

$$t = \frac{Ve}{Qm}$$

onde:

t: tempo de detenção (min)

Ve: vol. efetivo do poço (m³) =

4,95

Qm: vazão média (m³/min) =

0,45

Para os dados de projeto, já definidos e apresentados, o tempo de detenção resulta em:

$$t (\text{min.}): 11,09$$

Portanto o valor obtido é considerado válido por satisfazer a condição:

$$t < 30 \text{ minutos}$$

iv. Número de Partidas

Para a determinação do tempo entre duas partidas consecutivas, considerou-se:

$$T_p = \frac{V_p}{Q_a} + \frac{V_p}{Q - Q_a}$$

onde:

T_p: tempo de partida (min)

V_p: vol. útil projetado do poço (m³)

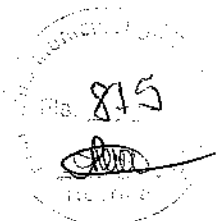
Q_a: vazão afluyente (m³/min)

0,45 m³/min

Q: vazão de bombeamento (m³/min)

0,88 m³/min

Para as vazões mais desfavoráveis, correspondentes à metade das vazões de bombeamento, tem-se os seguintes tempos de partida:



Etapa	Q. bomb. (l/s)	Tp (min)	N (part./hora)
20 anos	7,34	12,26	4,89

Os tempos de partida resultantes são considerados válidos por satisfazerem a condição:

Tp > 10 minutos

9. CÁLCULO DO DISPOSITIVO DE MEDIÇÃO DE VAZÃO

i. Cálculo das alturas

Calha parshall adotada	3"
h_{min}	0,09 m
h_{med}	0,13 m
h_{max}	0,20 m

ii. Cálculo do Rebaixamento (z)

z	0,05 m
---	--------

10. CÁLCULO DA CAIXA DE AREIA

i. Largura (b)

b	0,32 m
Largura adotada - 2 canais de	0,35 m

ii. Velocidade Média (v)

A velocidade do fluxo adotada na caixa de areia e calha Parshall foi de 0,30 m/s

iii. Comprimento (L)

O comprimento da caixa de areia é estimado a partir da velocidade média do fluxo (em torno 0,30m/s) e da velocidade de sedimentação (valor médio para partículas de 0,2mm igual a 0,02m/s) adotando-se um fator de garantia devido ao efeito da turbulencia, podendo ser estimado em função de h pela equação $v_1 \cdot h = L \cdot v_2$.

Comprimento adotado	2,00 m
---------------------	--------

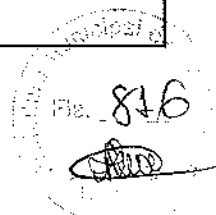
iv. Armazenamento de areia

Sugere-se que seja executada a limpeza da caixa de areia a cada 15 dias.

A taxa de areia adotada foi de $0,040\text{m}^3/1000\text{m}^3$ de esgoto. Sendo assim, tem-se:

Volume de areia a ser removido (VA)

VA $0,386\text{ m}^3$



v. Profundidade (hd)

hd $0,28\text{ m}$

hd (adotada) $0,30\text{ m}$

DADOS ANALÍTICOS DA CAIXA DE AREIA

Q (l/s)	h (m)	h - z (m)	S = (h-z) x b (m ²)	v (m/s)	
5,54	0,09	0,04	0,0156	0,36	v entre 0,15 e 0,4m/s
7,44	0,13	0,08	0,0296	0,25	v entre 0,15 e 0,4m/s
14,53	0,20	0,15	0,0539	0,27	v entre 0,15 e 0,4m/s

vi. Cálculo da Taxa de aplicação Superficial (T)

T $918,31\text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$

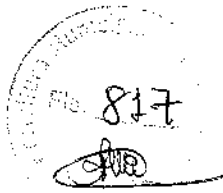
11. CÁLCULO DO LEITO DE SECAGEM

Volume da Caixa de areia	V	$0,21\text{ m}^3$
Altura util do leito	H	$0,30\text{ m}$
Area total necessaria	A= V/H	$0,70\text{ m}^2$
Numero de celulas do leito de secagem	N	2 unid
Area necessaria para cada celula	A/N	$0,35\text{ m}^2$
Comprimento adotado para cada célula		$1,00\text{ m}$
Largura adotada para cada célula		$0,60\text{ m}$
Área adotada para cada célula		$0,60\text{ m}^2$

12. CÁLCULO DA GRADE

i. Dados da grade

s = Seção das barras da grade	$3/8" \times 1/8"$	mm
f = Espessura das barras	10	mm
d = Espaçamento entre barras	25	mm
Vg = Velocidade através da grade	0,6	m/s
a = inclinação das barras	45	graus
t = tempo de detenção no canal da grade	3	segundos



As grades são dispositivos formados por barras metálicas, paralelas, de mesma espessura e igualmente espaçadas. Destinam-se à remoção de sólidos grosseiros em suspensão e corpos flutuantes. Tem a finalidade de proteção dos equipamentos do sistema de esgotamento (R. C. Souto - 1990).

Neste projeto, optou-se por uma grade média, com seção transversal de 10mm x 50 mm, com espaçamento de 25 mm e com inclinação de 45° com a horizontal.

ii. Verificação da velocidade do fluxo entre as barras

A área útil é a razão entre a vazão máxima afluyente e a velocidade do escoamento entre as barras. Valores ideais para a velocidade do fluxo entre as barras devem estar entre 0,40 e 0,75 m/s.

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

Onde:

A = Área útil da grade	---
Q _{máx} = Vazão máxima afluyente	0,0145 m ³ /s
V _g = Velocidades através da grade	0,6 m/s

O resultado deste cálculo é:

A = Área útil da grade	0,024 m ²
------------------------	----------------------

iii. Cálculo da eficiência da grade

O termo eficiência da grade tem sido expresso pela equação abaixo. Esta eficiência foi tabelada por Azevedo Netto em 1973 e é função da espessura das barras e do afastamento entre elas.

$$E = \frac{d}{d+I}$$

Onde:

E = Eficiência da grade segundo Azevedo Netto	---
I = Espessura das barras	10 mm
d = Espaçamento entre barras	25 mm

A eficiência assim calculada foi

E = Eficiência da grade segundo Azevedo Netto	0,71
---	------

iv. Cálculo da área da seção do canal da grade

A área da seção do canal da grade pode ser expressa em função da eficiência das grades.

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

Onde:

A_c = Área da seção do canal da grade

A_u = Área útil da grade

0,024 m²

E = Eficiência da grade segundo Azevedo Netto

0,714 mm

Desta forma, a seção do canal da grade terá a seguinte área:

A_c = Área da seção do canal da grade

0,034 m²

v. Cálculo da velocidade no canal de acesso a grade

A velocidade no canal de acesso à grade pode ser expressa pela equação a seguir:

$$V_o = \frac{Q_{\max}}{A_c}$$

Onde:

V_o = Velocidade do fluxo no canal de acesso à grade

Q_{\max} = Vazão máxima afluente

0,0145 m³/s

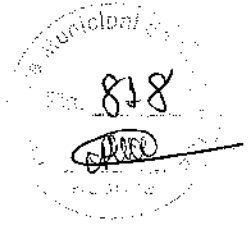
A_c = Área da seção do canal da grade

0,03 m²

O resultado assim obtido foi:

V_o = Velocidade do fluxo no canal de acesso à grade

0,43 m/s



vi. Cálculo do comprimento do canal de acesso à grade

Segundo R. C. Souto (1990), o comprimento do canal de acesso deve ser tal que evite o turbilhonamento junto à grade.

Este comprimento é função do tempo de detenção adotado para este canal e da vazão média afluente.

Ver equação a seguir:

$$L_g = \frac{t \cdot Q_{med}}{A_c}$$

Onde:

L_g = Comprimento do canal de acesso à grade

Q_{med} = Vazão média afluente

0,0074 m³/s

t = tempo de detenção no canal da grade

3 segundos

A_c = Área da seção do canal da grade

0,0339 m²

Logo o comprimento do canal é:

L_g = Comprimento do canal de acesso à grade

0,658 m

$L_g A$ = Comprimento do canal de acesso à grade Adotado

0,900 m

vii. Perda de carga na grade

Segundo E. P. Jordão (1995), a determinação da perda de carga na grade de barras deverá considerar o modelo selecionado, o tipo de operação de limpeza, localização e detalhes construtivos. A perda de carga pode ser calculada considerando-se que o comportamento hidráulico é idêntico ao escoamento através de orifício. Ver equação a seguir:

$$h_f = 1,43x \frac{V_g^2 - V_o^2}{2g}$$

Onde:

h_f = Perda de carga na grade:

0,6 m/s

V_g = Velocidade através da grade

0,43 m/s

V_o = Velocidade do fluxo no canal de acesso à grade

9,81 m/s²

g = Aceleração da gravidade

A perda de carga na grade assim calculada é:

0,01285 m

h_f = Perda de carga na grade:

Como a limpeza da grade vai ser manual foi adotada h_f mínima de 0.15m.

viii. Largura teórica do canal de acesso à grade

A largura teórica do canal da grade é função da área do canal e da altura máxima da caixa de areia.

Ver equação a seguir:

$$b_g = \frac{A_c}{H_{\max} - Z}$$



Onde:

b_g = Largura teórica do canal de acesso à grade

A_c = Área da seção do canal da grade

0,034 m²

H_{\max} = Altura máxima da lâmina d'água na calha Parshall

0,20 m

Z = Rebaixo da garganta da calha Parshall

0,05 m

O resultado deste cálculo é:

b_g = Largura teórica do canal de acesso à grade

0,22 m

$b_g A$ = Largura do canal de acesso à grade Adotado

0,30 m

ix. Número de barras na grade

O número de barras na grade é função da largura do canal da grade, da espessura da barra e do afastamento entre elas. Ver equação abaixo:

$$N = \frac{b_g - d}{l + d}$$

Onde:

N = Número de barras na grade

$b_g A$ = Largura do canal de acesso à grade adotada

300,00 mm

l = Espessura das barras

10 mm

d = Espaçamento entre barras

25 mm

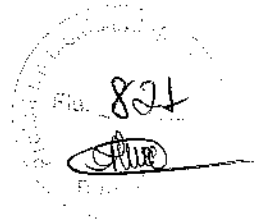
O resultado deste cálculo é:

N = Número de barras na grade

8 barras

x. Largura real do canal de acesso à grade

A princípio, calcula-se a largura teórica do canal da grade para se obter o número de barras. Após esta etapa, com o número de barras calculado, a espessura da cada barra e o espaçamento entre elas, pode se obter a largura real do canal. Vale salientar que esta largura deve ser maior que o diâmetro da tubulação de chegada.



$$B_g = N \cdot (l + d) + d$$

Onde:

B_g = Largura real do canal da grade

N = Número de barras na grade

l = Espessura das barras

d = Espaçamento entre barras

8 barras

10 mm

25 mm

A largura do canal da grade será:

B_g = Largura real do canal da grade

302 mm

xi. Resumo

s = Seção das barras da grade

3/8"x1/8" mm

d = Espaçamento entre barras

25 mm

a = inclinação das barras

45 graus

L_g = Comprimento do canal de acesso à grade

0,900 m

B_g = Largura real do canal da grade

302 mm

N = Número de barras na grade

8 barras

5.0 - TRANSIENTE HIDRÁULICO – LINHA DE RECALQUE 02

O diagnóstico das pressões transientes extremas foi realizado considerando-se a manobra de desligamento súbito dos conjuntos elevatórios. Esta manobra é a mais desfavorável do ponto de vista das pressões extremas. A manobra de arranque dos grupos pode ser realizada de forma controlada enquanto que o desligamento é muitas vezes involuntário, resultante da falta de energia elétrica nos motores.

Os resultados das simulações realizadas são apresentados de forma gráfica a seguir, através das envoltórias de cargas extremas ao longo sistema. Através dos resultados conclui-se que se não houverem dispositivos de proteção ocorrerão depressões ao longo da linha de recalque e que estas depressões atingirão a pressão de vapor da água.

É indispensável a implantação de dispositivos de proteção para garantir a segurança do sistema frente aos transientes hidráulicos, sobretudo para atenuar as depressões que ocorrerão na linha.

As ventosas quadrifunção deverão ser instaladas nas estacas:

- 4+0,00;
- 9+0,00;
- 18+10,00;
- 28+0,00.


144 160 176 192 208 224 240 256 272 288 304 320 336 352 368 384 400 416 432 448 464 480 496 512 528 543 559 575 591 607 623

PERFIL Y PERMANENTE Y MAXIMO Y MINIMO Y

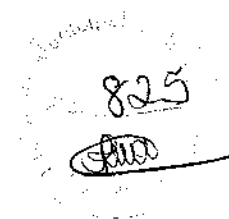
PRESSÃO											
	MINIMO Y	PERMANENTE X	PERMANENTE Y	MAXIMO X	MAXIMO Y	MINIMO X	MINIMO Y	PERFIL X	PERFIL Y	NOS X	NOS Y
00	143,01	0,00	13,05	0,00	19,64	0,00	-0,03	0,000	143,040		0,00
98	143,05	15,98	10,84	15,98	17,70	15,98	-2,11	20,000	145,695		
97	143,02	31,97	10,47	31,97	17,66	31,97	-2,41	40,000	145,263		
95	142,99	47,95	10,72	47,95	17,99	47,95	-2,11	60,000	144,855		
94	143,42	63,94	10,94	63,94	18,00	63,94	-1,37				
92	144,53	79,92	11,12	79,92	18,26	79,92	0,00	80,000	144,525		
91	143,61	95,91	10,85	95,91	18,04	95,91	-1,09	100,000	144,753		
89	143,79	111,89	10,28	111,89	17,48	111,89	-1,40	120,000	145,487		
88	143,94	127,88	9,60	127,88	16,74	127,88	-1,84	140,000	146,218		
86	144,06	143,86	9,01	143,86	16,04	143,86	-2,22				
85	144,20	159,85	8,68	159,85	15,67	159,85	-2,32	160,000	146,525		
83	146,46	175,83	8,66	175,83	15,78	175,83	0,00	180,000	146,438		
82	143,34	191,82	8,36	191,82	15,58	191,82	-3,32	200,000	146,815		
80	143,30	207,80	8,05	207,80	14,38	207,80	-3,58	220,000	146,988		
79	143,60	223,79	7,79	223,79	13,86	223,79	-3,46				
77	144,48	239,77	7,41	239,77	13,59	239,77	-2,87	240,000	147,353		
76	144,44	255,76	6,92	255,76	13,23	255,76	-3,31	260,000	147,861		
74	144,40	271,74	6,57	271,74	12,99	271,74	-3,61	280,000	148,121		
73	144,36	287,73	6,37	287,73	12,92	287,73	-3,76	300,000	148,121		

Handwritten signature and stamp.

32	152,10	719,32	0,10	719,32	0,10	719,32	0,10	719,32	152,000	719,320
----	--------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	---------	---------

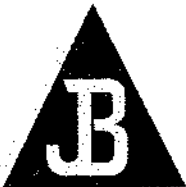
824


6.0 - ESTAÇÃO ELEVATÓRIA E LINHA DE RECALQUE 03



826

(Handwritten signature)

 <p>JOTA BARROS PROJETOS E ASSESSORIA</p>	DOCUMENTO :	PROJETO :
	Projeto Hidráulico, Arquitetônico e Civil	SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DA SEDE DO MUNICÍPIO DE IRAUÇUBA
	DATA :	
	30/10/2023	DESCRIÇÃO :
REVISÃO : 1	Dimensionamento da Estação Elevatória de Esgoto EEE 03 no município de Irauçuba - Bacia C (2023-2043)	
FOLHAS: 15		

1. RESUMO

Estão apresentados a seguir os resultados do dimensionamento para o Poço de Sucção, Estação Elevatória e Linha de Recalque. Os valores a serem adotados são os que seguem:

i - Poço de Sucção

Volume	9,60 m ³
Área	8,00 m ²
Cota do NA máximo	142,13 m
Cota do NA mínimo	140,93 m
Tempo de Detenção Máximo	9,05 minutos
Número Máximo de Partidas do Motor por Hora	5,31 partidas/hora

ii - Estação Elevatória

20 anos

Número de Bombas Funcionando Simultaneamente (1)	1,00 bomba(s)
Vazão em cada conjunto Motor-Bomba	56,73 l/s
Vazão Total da Estação Elevatória	56,73 l/s
Altura Manométrica Total	20,17 m
Rendimento do Sistema	61,95%
Potência Comercial de cada Conjunto Motor-Bomba	40,00 cv
Potência Comercial da Estação Elevatória	40,00 cv

iii - Linha de Recalque

Material da Tubulação	PVC DEFoFo
Vazão na Tubulação	56,73 l/s
Comprimento da Tubulação	2520,92 m
Diâmetro da Tubulação	250 mm

iv - Tratamento preliminar

Dimensões do canal de acesso à grade	(BxL)	0,41	x	0,90	m
Inclinação da grade					
Dimensões da caixa de areia	2 canais de (BxLxH)	0,60	x	3,50	x 0,40 m
Dimensões do leito de secagem	2 células de (BxLxH)	0,60	x	2,50	x 0,30 m
Calha parshall adotada				3°	

(Handwritten notes and signatures)

2. VAZÕES AFLUENTES

As vazões afluentes à elevatória EE-03, relativas à sub-bacia de esgotamento C, são as abaixo apresentadas:

ETAPA	ANO	VAZÃO (l/s)		VAZÃO (m ³ /h)		VAZÃO (l/s)	
		Média	Máx.	Média	Máx.	Min.	adotada
0	2023	20,42	40,70	73,51	146,52	16,49	16,49
10 ANOS	2033	24,50	48,04	88,20	172,94	18,53	18,53
20 ANOS	2043	29,47	56,99	106,09	205,16	21,01	21,01



3. SELEÇÃO DOS DIÂMETROS

Os diâmetros das tubulações foram selecionados a partir da fórmula de Bresse, sendo os diâmetros do barrilete e linha de recalque adotados em função de uma melhor condição de velocidade, considerando o limite de 3,0 m/s para o barrilete e 2,5m/s para a linha de recalque, bem como em função do limite de perda de carga unitária (J) de 0,008 m/m, conforme abaixo:

Trecho	D analisado (mm)	Velocidade (m/s)		J (m/m)	D adotado (mm)
		20 ANOS			
Barrilete	200	1,81	1,81	0,0144	250
	250	1,16	1,16	0,0049	
Linha de recalque	200	1,81	1,81	0,0144	250
	250	1,16	1,16	0,0049	

4. DADOS DAS TUBULAÇÕES

Trecho	D (mm)	Material	Coef. rugosidade-K (mm)		Extensão (m)
			Inicial	Final	
Barrilete	250	fofo	0,25	0,30	10,67
Linha	250	defofo	0,06	0,06	2520,92

5. NÍVEIS DE PROJETO

Terreno na elevatória:	145,30 m
Cota de fundo do PV de chegada	142,86 m
Cota mais alta da linha de recalque:	148,74 m
NA máximo no poço:	142,13 m
NA mínimo no poço:	140,93 m
Desnível geomérico (recalque):	7,81 m
Nível do fundo do poço:	139,53 m

6 PERDAS DE CARGA E ALTURA MANOMÉTRICA

828
[Handwritten signature]

i. Singularidades:

Apresenta-se na planilha a seguir, a quantificação das singularidades consideradas no cálculo das perdas de carga localizadas.

Peça	K	Sucção		Barrilete		Linha	
		Unitária	Total	Unitária	Total	Unitária	Total
Curva de 90 graus	0,40		0,00	2	0,80	8	3,20
Curva de 45 graus	0,20		0,00		0,00	5	1,00
Curva de 22 graus	0,10		0,00		0,00	5	0,50
Curva de 11 graus	0,03		0,00		0,00	9	0,27
Entrada de tubulação	0,50		0,00	1	0,50		0,00
Válvula de retenção	2,50		0,00	1	2,50		0,00
Saída de canalização	1,00		0,00		0,00	1	1,00
Junta de desmontagem	0,50		0,00	1	0,50		0,00
Válvula de gaveta	0,20		0,00	1	0,20		0,00
Tê passagem direta	0,60		0,00	1	0,60	2	1,20
Ampliação	0,30		0,00	1	0,30		0,00
TOTAIS			0,00		5,40		7,17

ii. Perdas de Carga Totais:

Nas planilhas a seguir apresenta-se o cálculo das perdas de carga distribuídas e localizadas, além das alturas manométricas resultantes, para curva do sistema.

20 anos									
Vazão (l/s)	Perda de carga (m)								AMT
	Sucção			Barrilete		Linha		Total	Recalque
	Localizada	Distribuída	Total	Local.	Dist.	Local.	Dist.	Linha + Trav	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,81
20,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,01	0,06	1,63	1,75	9,56
40,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,03	0,24	5,92	6,38	14,19
56,73	0,00	0,00	0,00	0,37	0,06	0,49	11,44	12,36	20,17
60,00	0,00	0,00	0,00	0,41	0,07	0,55	12,73	13,76	21,57
80,00	0,00	0,00	0,00	0,73	0,12	0,97	22,02	23,85	31,66
100,00	0,00	0,00	0,00	1,14	0,19	1,52	33,79	36,64	44,45

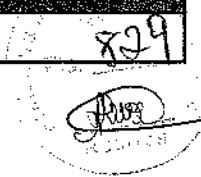
Para o cálculo da altura manométrica total da(s) bomba(s), somou-se ao desnível geométrico o valor da perda de carga distribuída ao longo da tubulação de recalque e a perda de carga localizada total. O desnível geométrico é dado pela diferença entre a cota mais alta do ponto de recalque e a cota mínima do líquido no poço de sucção.

A altura manométrica total para 20 anos será de : **20,17 mca**

Manoel B. ...
 Engenheiro Civil
 CREA/RS nº 11.111/11
 Rua ... nº ...

7. CURVAS DO SISTEMA E DA BOMBA

Horizonte de 20 anos



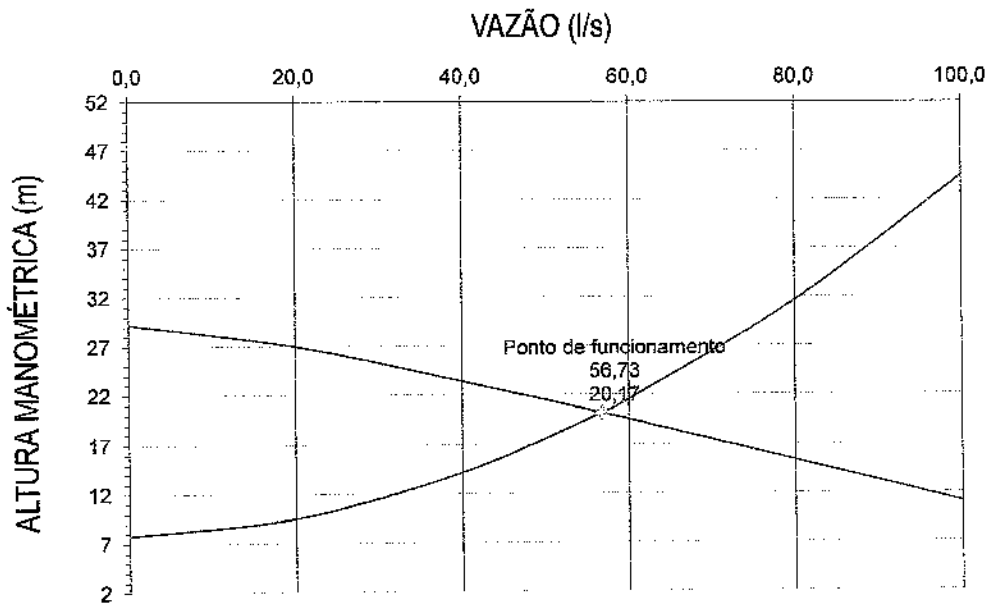
Q	AMT (m)		Q
	Sistema	Bomba	
0,0	7,81	29,25	0,0
20,0	9,56	27,00	72,0
40,0	14,19	23,41	144,0
56,7	20,17	20,17	204,2
60,0	21,57	19,54	216,0
80,0	31,66	16,39	288,0
100,0	44,45	11,09	360,0

— Curva do sistema
 Curva da bomba

Modelo EBARA-200DL630

Ponto de funcionamento

Q	AMT
56,73	20,17



7. CÁLCULO DA POTÊNCIA DAS BOMBAS

P = Potência instalada para cada conj. motor-bomba da estação elevatória

Ft = Fator de serviço

Q_{máx} = Vazão de bombeamento Etapa

AMT = Altura Manométrica Total etapa

N_b = Número de conjuntos motor-bomba em funcionamento simultâneo

h = Rendimento do conjunto motor-bomba

Desta forma, tem-se que a potência instalada em cada conjunto motor-bomba é igual à:

P_b = Potência instalada para a bomba

1,10	
0,05673	m ³ /s
20,17	m
1	motor(es)
61,95	%
27,09	cv
20	anos

830
P.000

Os motores elétricos normalmente não possuem a potência especificada, portanto foi necessário utilizar as seguintes potências comerciais:

Potência comercial em cada conjunto motor-bomba da estação elevatória:

40,00	cv
40,00	cv
20	anos

Potência comercial total da estação elevatória:

i. Resumo da bomba calculada

Etapa	20 anos
Tipo	submersível
Config.	1+1R
Pot.(KW)	29,41
Pot.(adot-CV)	40,00
Vazão (l/s)	56,73
AMT (m)	20,17
Rendimento	61,95%

ii. Determinação do Conjunto Motor-bomba

O conjunto motobomba calculado, a partir das curvas do sistema, é o especificado abaixo:

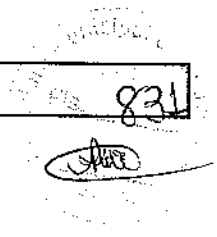
Em anexo são apresentados os dados técnicos e dimensionais desse conjunto.

OBS: Como a variação da vazão máxima da 1ª para a 2ª etapa é inferior a 20%, adotaremos o dimensionamento para 2ª etapa.

Descrição	20 anos
Tipo	submersível
Config.	3+1R
Pot.(KW)	29,41
Vazão (l/s)	56,73
AMT (m)	20,17
Rotação	1800rpm
Frequencia	60hz
Rendimento	61,95%
Marca/modelo	EBARA-200DL630

Manoel Barbosa Filho
Engenheiro Civil
C.R.C. 10.123/00
Rua... nº...
Bairro...
Cidade... Estado...
CEP: ...

iii. Cálculo do NPSH disponível do Conjunto Motor-bomba



$$NPSH_{disponivel} = \pm H + \frac{P_a - P_v}{\gamma} \times 10 - h_f$$

Onde:

+H – carga ou altura de água na sucção (entrada afogada)

-H – altura de aspiração

P_a – pressão atmosférica no local

P_v – pressão de vapor

γ - peso específico

h_f - soma de todas perdas de carga na sucção

Cota da sucção	139,53 m
Cota do nível mínimo no poço	140,93 m
H	1,40 m
P_a (900m alt)	1 kgf/cm ²
P_v (24 °C)	0,03 kgf/cm ²
γ	1,00 kg/L
h_f	0,00 m
NPSHd	10,40 m
NPSHr	- m

8. CÁLCULO DO VOLUME DO POÇO DE SUÇÃO

O volume útil mínimo do poço de sucção foi determinado, de acordo com a expressão apresentada abaixo, em função do intervalo de tempo entre partidas, que deve ser de no mínimo 10 minutos, valor comumente empregado em projetos do gênero.

i. Volume útil

Para o cálculo do volume útil mínimo considerou-se a vazão máxima de final de plano, por representar a situação mais desfavorável em relação ao tempo de ciclo.

$$Vu = \frac{Q \cdot T}{4}$$

onde: Vu : vol. útil mínimo do poço de sucção

Q : vazão de bombeamento (m³/min) = 3,40

T : tempo de ciclo (min) = 10,0

Com a vazão de bombeamento e um tempo de ciclo de 10 min. temos um volume útil de:

$$Vu (m^3) = 8,51$$

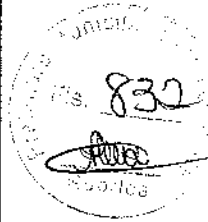
O volume útil de projeto do poço, em função da máxima coluna d'água e da sua projeção horizontal, é calculado segundo a expressão:

$$Vp (m^3) = (NAmáx - NAmín) \cdot Seção \text{ do poço de sucção}$$

onde: Largura (m) = 2,00

Manoel Rodrigues de Sá, Engenheiro
 Engenharia de Minas e Metalurgia
 Rua ... nº ...
 ...

Comp (m)	2,00
Quant	2,00
Seção (m ²):	8,00
NA máximo:	142,13
NA mínimo:	140,93



Para as condições geométricas definidas temos como resultado o seguinte volume útil de projeto:

<u>Vp (m³)</u>	<u>9,60</u>
---------------------------	-------------

Portanto define-se o volume de útil de projeto acima apresentado, uma vez que satisfaz a condição:

$$V_p > V_u$$

ii. Volume efetivo

O volume efetivo do poço de sucção é o volume compreendido entre o nível médio de operação das bombas e o fundo do poço, sendo o seguinte:

$$Ve (m^3) = (NA_{med} - NA_{fundo}). \text{ Seção do poço de sucção}$$

onde: Largura (m):

2,00

Comp (m):

2,00

Quant:

2,00

Seção (m²):

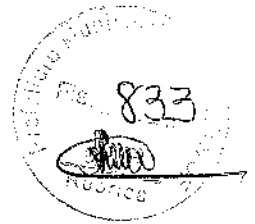
8,00

NA medio:

141,53

NA fundo:

139,53



Ve (m³) 16,00

iii. Verificação do tempo de detenção

O tempo de detenção é definido pela seguinte expressão:

$$t = \frac{Ve}{Qm}$$

onde: t: tempo de detenção (min)

Ve: vol. efetivo do poço (m³) =

16,00

Qm: vazão média (m³/min) =

1,77

Para os dados de projeto, já definidos e apresentados, o tempo de detenção resulta em:

t (min.): 9,05

Portanto o valor obtido é considerado válido por satisfazer a condição:

$$t < 30 \text{ minutos}$$

iv. Número de Partidas

Para a determinação do tempo entre duas partidas consecutivas, considerou-se:

$$Tp = \frac{Vp}{Qa} + \frac{Vp}{Q - Qa}$$

onde: Tp: tempo de partida (min)

Vp: vol. útil projetado do poço (m³)

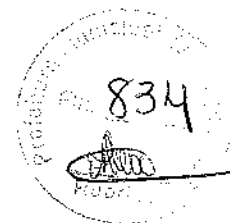
Qa: vazão afluyente (m³/min)

1,77 m³/min

Q: vazão de bombeamento (m³/min)

3,40 m³/min

Para as vazões mais desfavoráveis, correspondentes à metade das vazões de bombeamento, tem-se os seguintes tempos de partida:



Etapa	Q. bomb. (l/s)	Tp (min)	N (part./hora)
20 anos	28,37	11,30	5,31

Os tempos de partida resultantes são considerados válidos por satisfazerem a condição:

Tp > 10 minutos

9. CÁLCULO DO DISPOSITIVO DE MEDIÇÃO DE VAZÃO

i. Cálculo das alturas

Calha parshall adotada	3"
h_{min}	0,22 m
h_{med}	0,31 m
h_{max}	0,48 m

ii. Cálculo do Rebaixamento (z)

z	0,11 m
---	--------

10. CÁLCULO DA CAIXA DE AREIA

i. Largura (b)

b	0,51 m
Largura adotada - 2 canais de	0,60 m

ii. Velocidade Média (v)

A velocidade do fluxo adotada na caixa de areia e calha Parshall foi de 0,30 m/s

iii. Comprimento (L)

O comprimento da caixa de areia é estimado a partir da velocidade média do fluxo (em torno 0,30m/s) e da velocidade de sedimentação (valor médio para partículas de 0,2mm igual a 0,02m/s) adotando-se um fator de garantia devido ao efeito da turbulência, podendo ser estimado em função de h pela equação $v_1 \cdot h = L \cdot v_2$.

Comprimento adotado	3,50 m
---------------------	--------

iv. Armazenamento de areia

Sugere-se que seja executada a limpeza da caixa de areia a cada 15 dias.

A taxa de areia adotada foi de $0,040\text{m}^3/1000\text{m}^3$ de esgoto. Sendo assim, tem-se:

Volume de areia a ser removido (VA)

VA $1,528\text{ m}^3$



v. Profundidade (hd)

hd $0,36\text{ m}$

hd (adotada) $0,40\text{ m}$

DADOS ANALÍTICOS DA CAIXA DE AREIA

Q (l/s)	h (m)	h - z (m)	S = (h-z) x b (m ²)	v (m/s)	
21,01	0,22	0,11	0,0671	0,31	v entre 0,15 e 0,4m/s
29,47	0,31	0,20	0,1211	0,24	v entre 0,15 e 0,4m/s
56,99	0,48	0,37	0,2246	0,25	v entre 0,15 e 0,4m/s

vi. Cálculo da Taxa de aplicação Superficial (T)

T $1212,48\text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$

11. CÁLCULO DO LEITO DE SECAGEM

Volume da Caixa de areia	V	$0,84\text{ m}^3$
Altura util do leito	H	$0,30\text{ m}$
Area total necessaria	A= V/H	$2,80\text{ m}^2$
Numero de celulas do leito de secagem	N	2 unid
Area necessaria para cada celula	A/N	$1,40\text{ m}^2$
Comprimento adotado para cada célula		$2,50\text{ m}$
Largura adotada para cada célula		$0,60\text{ m}$
Área adotada para cada célula		$1,50\text{ m}^2$

12. CÁLCULO DA GRADE

i. Dados da grade

s = Seção das barras da grade	$3/8" \times 1/8"$	mm
l = Espessura das barras	10	mm
d = Espaçamento entre barras	25	mm
Vg = Velocidade através da grade	0,6	m/s
a = inclinação das barras	45	graus
t = tempo de detenção no canal da grade	3	segundos



As grades são dispositivos formados por barras metálicas, paralelas, de mesma espessura e igualmente espaçadas. Destinam-se à remoção de sólidos grosseiros em suspensão e corpos flutuantes. Tem a finalidade de proteção dos equipamentos do sistema de esgotamento (R. C. Souto - 1990).
Neste projeto, optou-se por uma grade média, com seção transversal de 10mm x 50 mm, com espaçamento de 25 mm e com inclinação de 45° com a horizontal.

ii. Verificação da velocidade do fluxo entre as barras

A área útil é a razão entre a vazão máxima afluyente e a velocidade do escoamento entre as barras. Valores ideais para a velocidade do fluxo entre as barras devem estar entre 0,40 e 0,75 m/s.

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

Onde:

A = Área útil da grade

Q_{máx} = Vazão máxima afluyente

V_g = Velocidades através da grade

0,0570 m³/s

0,6 m/s

O resultado deste cálculo é:

A = Área útil da grade

0,095 m²

iii. Cálculo da eficiência da grade

O termo eficiência da grade tem sido expresso pela equação abaixo. Esta eficiência foi tabelada por Azevedo Netto em 1973 e é função da espessura das barras e do afastamento entre elas.

$$E = \frac{d}{d + l}$$

Onde:

E = Eficiência da grade segundo Azevedo Netto

l = Espessura das barras

d = Espaçamento entre barras

10 mm

25 mm

A eficiência assim calculada foi

E = Eficiência da grade segundo Azevedo Netto

0,71

iv. Cálculo da área da seção do canal da grade

A área da seção do canal da grade pode ser expressa em função da eficiência das grades.

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

Onde:

A_c = Área da seção do canal da grade

A_u = Área útil da grade

0,095 m²

E = Eficiência da grade segundo Azevedo Netto

0,714 mm

Desta forma, a seção do canal da grade terá a seguinte área:

A_c = Área da seção do canal da grade

0,133 m²



v. Cálculo da velocidade no canal de acesso à grade

A velocidade no canal de acesso à grade pode ser expressa pela equação a seguir:

$$V_o = \frac{Q_{\max}}{A_c}$$

Onde:

V_o = Velocidade do fluxo no canal de acesso à grade

Q_{\max} = Vazão máxima afluente

0,0570 m³/s

A_c = Área da seção do canal da grade

0,13 m²

O resultado assim obtido foi:

V_o = Velocidade do fluxo no canal de acesso à grade

0,43 m/s

vi. Cálculo do comprimento do canal de acesso à grade

Segundo R. C. Souto (1990), o comprimento do canal de acesso deve ser tal que evite o turbilhonamento junto à grade.

Este comprimento é função do tempo de detenção adotado para este canal e da vazão média afluente.

Ver equação a seguir:

$$L_g = \frac{t \cdot Q_{med}}{A_c}$$

Onde:

L_g = Comprimento do canal de acesso à grade

Q_{med} = Vazão média afluente

0,0295 m³/s

t = tempo de detenção no canal da grade

3 segundos

A_c = Área da seção do canal da grade

0,1330 m²

Logo o comprimento do canal é:

L_g = Comprimento do canal de acesso à grade

0,665 m

L_gA = Comprimento do canal de acesso à grade Adotado

0,900 m

vii. Perda de carga na grade

Segundo E. P. Jordão (1995), a determinação da perda de carga na grade de barras deverá considerar o modelo selecionado, o tipo de operação de limpeza, localização e detalhes construtivos. A perda de carga pode ser calculada considerando-se que o comportamento hidráulico é idêntico ao escoamento através de orifício. Ver equação a seguir:

$$h_f = 1,43x \frac{V_g^2 - V_o^2}{2g}$$

Onde:

h_f = Perda de carga na grade:

V_g = Velocidade através da grade

0,6 m/s

V_o = Velocidade do fluxo no canal de acesso à grade

0,43 m/s

g = Aceleração da gravidade

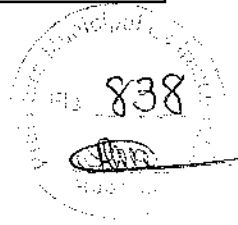
9,81 m/s²

A perda de carga na grade assim calculada é:

h_f = Perda de carga na grade:

0,01285 m

Como a limpeza da grade vai ser manual foi adotada h_f mínima de 0.15m.



viii. Largura teórica do canal de acesso à grade

A largura teórica do canal da grade é função da área do canal e da altura máxima da caixa de areia.

Ver equação a seguir:

$$b_g = \frac{A_c}{H_{max} - Z}$$



Onde:

b_g = Largura teórica do canal de acesso à grade	
A_c = Área da seção do canal da grade	0,133 m ²
$H_{máx}$ = Altura máxima da lâmina d'água na calha Parshall	0,48 m
Z = Rebaixo da garganta da calha Parshall	0,11 m

O resultado deste cálculo é:

b_g = Largura teórica do canal de acesso à grade	0,36 m
$b_g A$ = Largura do canal de acesso à grade adotado	0,40 m

ix. Número de barras na grade

O número de barras na grade é função da largura do canal da grade, da espessura da barra e do afastamento entre elas. Ver equação abaixo:

$$N = \frac{b_g - d}{l + d}$$

Onde:

N = Número de barras na grade	
$b_g A$ = Largura do canal de acesso à grade adotada	400,00 mm
l = Espessura das barras	10 mm
d = Espaçamento entre barras	25 mm

O resultado deste cálculo é:

N = Número de barras na grade	11 barras
---------------------------------	-----------