

Memorial de Cálculo

Estação Elevatória de Esgotos Sanitários – Celso Bueno

Revisão	Data	Responsável	Descrição
00	22/03/2023	MMP	Emissão Inicial

Sumário

1.	Apresentação	3
2.	Normas Pertinentes Vigentes	3
3.	Parâmetros de Projeto	3
4.	Determinação das Vazões	7
5.	Dimensionamento do Poço de Sucção	8
6.	Dimensionamento da Linha de Recalque	9
7.	Dimensionamento do Barrilete	9
8.	Definição e Seleção dos Conjuntos Motor-bomba	10
9.	Verificação do Tempo de Detenção Média do Esgoto	12
10.	Bibliografia	13

1. Apresentação

Apresentamos este documento referente aos serviços de elaboração do projeto executivo da estação elevatória de esgotos de Celso Bueno Município de Monte Carmelo.

Nesse contexto, o presente relatório corresponde ao Memorial Descritivo da Estação Elevatória de Esgotos.

Para o desenvolvimento do projeto da elevatória, foram seguidas as normas pertinentes vigentes e as diretrizes indicadas pela própria Resolução Normativa do DMAE de Monte Carmelo.

O relatório em questão foi desenvolvido de forma sucinta e clara, com intuito de facilitar a compreensão do tema em estudo, evitando-se um texto maçante.

2. Normas Pertinentes Vigentes

Os critérios de engenharia para dimensionamento das unidades componentes das estações elevatórias de esgotos foram estabelecidos em conformidade com as seguintes normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT):

- NBR 9648 – Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário;
- NBR 9649 – Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário;
- NBR 12207 – Projeto de interceptores de esgoto sanitário;
- NBR 12208 – Projeto de estações elevatórias de esgoto sanitário.

3. Parâmetros de Projeto

Para o dimensionamento da estação elevatória de esgoto, são adotadas as seguintes considerações:

- As vazões de dimensionamento são as seguintes:
 - Para o dimensionamento das dimensões máximas do poço de sucção, é utilizada a vazão média de início de plano, a fim de evitar a permanência do esgoto por demorados períodos, minimizando o risco de septicidade do esgoto;
 - Para o dimensionamento da capacidade de recalque das bombas e das dimensões mínimas do poço de sucção, é utilizada a vazão máxima de fim de plano, de maneira a evitar extravasamentos e impedir que o intervalo entre partidas não afete os motores dos conjuntos.

- A vazão de bombeamento das bombas ou associações supera a vazão afluyente em pelo menos 10% para qualquer situação ao longo do período de projeto;
- O tempo de ciclo mínimo para os conjuntos elevatórios é de 10 minutos (6 partidas por hora);
- O tempo de detenção máximo do esgoto no interior do poço de sucção é de 30 minutos;
- Para o projeto do poço de sucção, foram levadas em conta as seguintes limitações adicionais (sendo D o diâmetro interno da tubulação de sucção):
 - A submersão mínima da seção de entrada da tubulação deve ser maior do que 2,5 d e nunca inferior a 0,50 m;
 - A folga entre o fundo do poço e a parte inferior da seção de entrada deve ser fixada de 1,0 d a 1,5 d e nunca inferior a 0,20 m;
 - Devem ser evitadas zonas mortas do escoamento e formação de vórtices mediante configuração geométrica apropriada do poço de sucção e, se necessário, utilizando dispositivos anti-vórtices;
 - Se houver caso em que o fluxo de entrada seja perpendicular à alimentação das bombas, as cortinas que separam compartimentos de sucção, um conjunto de bombas dispostas ortogonalmente à corrente líquida deve medir mais de 3 d na direção da corrente, a partir do eixo da tubulação;
 - Os perfis das bordas de ataque das cortinas e dos defletores devem ser arredondados;
 - O escoamento na entrada do poço deve ser regular, sem deslocamento e zonas de velocidade elevadas;
 - Quando o fundo do canal de chegada e o do poço de sucção se acham em cotas diferentes, a concordância entre ambos deve ser feita por plano inclinado de, no máximo, 45° em relação à horizontal.
 - A velocidade de entrada na câmara de sucção não deve ser inferior a 0,60 m/s, para evitar a sedimentação de partículas contidas no esgoto;
 - Para a definição das características da tubulação de sucção, foram considerados os seguintes critérios:
 - Deve ser a mais curta possível e de preferência ascendente em direção à bomba, podendo-se admitir trechos horizontais;

- Deve-se evitada a utilização de peças especiais (registros, válvulas de retenção, etc.);
- A velocidade na tubulação de sucção deve estar compreendida entre 0,6 e 1,5 m/s;
- O material preferencial é o Ferro Fundido Dúctil com revestimento de cimento para diâmetros de até 600 mm. Para diâmetros maiores, serão utilizadas tubulações de aço;
- Para a definição das características da tubulação do barrilete, foram considerados os seguintes critérios:
 - A velocidade na tubulação do barrilete deve ser sempre superior à da tubulação de sucção, a fim de diminuir o diâmetro das peças especiais. O valor da velocidade deverá estar compreendido entre 0,6 a 2,6 m/s;
 - O material preferencial é o Ferro Fundido Dúctil com revestimento de cimento para diâmetros de até 600 mm. Para diâmetros maiores, serão utilizadas tubulações de aço;
- O sistema de gradeamento das estações elevatórias de esgotos foi definido de acordo com os seguintes critérios:
- A abertura (espaçamento) das grades de barras ou dos cestos de retenção deve ser definida de acordo com a limitação de passagem de sólidos pela bomba, sendo que serão tomadas como diretrizes as seguintes grandezas:
 - Cestos de retenção: 50 a 100 mm – conjunto motor-bomba submerso;
 - Grades grossas de montante: 50 mm;
 - Grades não mecanizadas: 25 mm;
 - Grades mecanizadas: 15 mm.
- As velocidades do escoamento através das barras são limitadas aos seguintes valores:
 - Para a vazão inicial, a velocidade mínima é de 0,60 m/s;
 - Para a vazão final, a velocidade máxima é de 1,20 m/s.
- Para o cálculo da perda de carga, foram levados em conta os seguintes critérios:
 - Para grades com limpeza manual, o cálculo considerou uma obstrução de 50% e o valor mínimo admitido é de 0,15 m;
 - Para grades com limpeza mecanizada, o valor mínimo admitido é de 0,10 m;

- A inclinação das grades de barras com relação à horizontal é de 45° a 60° para as unidades de limpeza manual e de 60° a 90° para as de limpeza mecanizada;
- A velocidade mínima no canal afluente é de 0,4 m/s para a vazão afluente inicial;

Para a definição das principais características físicas das tubulações de recalque que fazem parte do sistema de esgotamento sanitário projetado, foram levados em consideração os seguintes critérios:

- O diâmetro da tubulação de recalque é determinado com base nos seguintes parâmetros:
 - O diâmetro mínimo é de 85 mm;
 - A velocidade de escoamento é limitada na faixa de 0,6 m/s a 3,0 m/s, a fim de evitar a deposição de materiais sólidos bem como a erosão excessiva da tubulação;
 - Utiliza-se a fórmula de Bresse para escolha do diâmetro econômico, com um valor de $K=1,1$, o que corresponde a uma velocidade econômica de 0,04 m/s;
 - O material das tubulações de recalque será escolhido entre ferro dúctil, PEAD ou aço.
 - Para a construção da curva do sistema, as perdas distribuídas serão calculadas com base na fórmula Hazen-Williams de perda de carga, sendo que são utilizados os seguintes parâmetros:
 - Rugosidade das tubulações de PVC: $C = 150$;
 - Rugosidade das tubulações de Ferro Fundido: $C = 105$;
 - Rugosidade das tubulações de Aço: $C = 90$;
 - A viscosidade cinemática do esgoto será admitida como sendo 10^{-6} m²/s.
 - As perdas de carga localizadas são calculadas com base nos coeficientes sugeridos por Azevedo Netto em seu Manual de Hidráulica;
 - Deve ser analisadas as necessidades de instalação de descargas, de estruturas de admissão/expulsão de ar e de equipamentos ou dispositivos anti-golpe.

Para a determinação das vazões, foram levados em consideração os seguintes critérios:

- O consumo per capita de água inicial e final foi de 200 L/hab.dia;
- O coeficiente de retorno foi de 80%;
- Número total de lotes foi de 108;
- Taxa de ocupação inicial do loteamento foi de 15%;
- Número de habitantes por lote foi de 4;

- O coeficiente do dia de maior consumo, K1, foi de 1,20;
- O coeficiente da hora de maior consumo, K2, foi de 1,50;
- A taxa de infiltração que a rede coletora de esgotos estará submetida foi de 0,15 L/s.km.

4. Determinação das Vazões

Para a estação elevatória EE 01, as vazões inicial e final, obtidas com base no número de lotes, taxa de ocupação inicial, número de habitante por lote e na rede coletora de esgotos a montante, observando as condições de projeto, são as que seguem:

Número de lotes

Início de plano	<input type="text" value="72"/>	lotes
Fim de plano	<input type="text" value="108"/>	lotes
Habitantes por lote	<input type="text" value="3,06"/>	hab/lote

População

Início de plano	<input type="text" value="220"/>	hab
Fim de plano	<input type="text" value="330"/>	hab
Consumo per capita de água (inicial)	<input type="text" value="200"/>	L/hab.dia
Consumo per capita de água (final)	<input type="text" value="200"/>	L/hab.dia
Coeficiente de retorno	<input type="text" value="0,80"/>	

	Média	Vazões (L/s)	
		Máx. Diária	Máx. Horária
Vazão Inicial	0,41	---	0,61
Vazão Final	0,61	0,73	1,10

Comprimento total da rede de esgotos	861,38	m
Infiltração média	0,00015	L/s.m
Vazão de infiltração	0,13	L/s
Sub-bacias afluentes inicial	0,00	L/s
Sub-bacias afluentes final	0,00	L/s
Vazão máxima inicial	0,74	L/s
Vazão máxima final	1,23	L/s

5. Dimensionamento do Poço de Sucção

Volume útil do poço de sucção

Número máximo de partidas por hora	6	
Tempo entre duas partidas	10	min
Número de bombas a utilizar	1	+ 1 reserva
Número de bombas em início de plano	1	+ 1 reserva
Vazão por bomba	3,00	l/s
Volume útil	0,45	m ³
Volume efetivo do poço de sucção	1,11	m ³
Diâmetro do poço de sucção	1,50	m
Área do poço de sucção	1,77	m ²
Alturas		
Altura útil	0,25	m

Submergência	0,50	m
Varição de nível liga/desliga ($\geq 0,20$ m)	0,25	m
Altura total	0,75	m
Níveis		
Cota do terreno	1021,13	m
Cota de chegada no poço da elevatória	1018,86	m
NA máximo	1018,86	m
NA mínimo	1018,61	m
Cota de fundo	1018,11	m

6. Dimensionamento da Linha de Recalque

Extensão da linha de recalque	261	m
Vazão máxima horária	0,003	m ³ /s
Coefficiente de Bresse	1,1	
Diâmetro econômico	0,085	m
Diâmetro interno adotado	0,075	m
Diâmetro comercial adotado	85	mm
Verificação da velocidade	0,68	m/s

7. Dimensionamento do Barrilete

Diâmetro calculado	0,0602	m
Diâmetro interno adotado	0,08	m

Diâmetro comercial adotado 80 mm

Verificação da velocidade 0,60 m/s

8. Definição e Seleção dos Conjuntos Motor-bomba

Altura geométrica

Cota da geratriz superior máxima no trecho 1027,87 m

Altura geométrica mínima ($H_{g\min}$)

N.A. máximo no poço de sucção 1018,86 m

Hg mínimo 9,01 m

Altura geométrica máxima ($H_{g\max}$)

N.A. mínimo no poço de sucção 1018,61 m

Hg máximo 9,26 m

Curvas características do sistema

Cálculo das perdas de carga distribuídas (h_d)

As perdas de carga serão calculadas pela fórmula Hazen-Williams onde:

$$h_l = J \times L$$

$$J = 10,65 \times Q^{1,85} \times C^{-1,85} \times D^{-4,87}$$

onde:

L = comprimento do recalque (m)

J = perda de carga unitária (m/m)

Q = vazão (m^3/s)

C = coeficiente de rugosidade

D = diâmetro da tubulação (m)

Perdas de carga localizadas (h_l)

As perdas de carga localizadas são calculadas com base nos coeficientes sugeridos por Azevedo Netto aplicados na fórmula:

$$hl = k \times (v^2/2g)$$

Conexão	k	Quantidade		
		Saida da bomba	Barrilete	Recalque
a) Curva de 90°	0,40	2	1	4
b) Curva de 60°	0,40			
c) Curva de 45°	0,20			
d) Curva de 30°	0,20			
e) Curva de 22,30°	0,10			2
f) Curva de 11,15°	0,10			
g) Válvula de retenção	2,75		1	
h) Válvula de gaveta	0,20		1	
i) Tê de saída direta	0,60			
j) Tê de saída lateral	1,30			
k) Tê passagem direta	0,60		1	
l) Saída de canalização	1,00			1
m) Ampliação	0,30			
n) Junção	0,40		1	
Total		0,80	4,35	2,80

Determinação da AMT

1ª Vazão	0	l/s
Última vazão	6,00	l/s
Variação	0,43	l/s

Para Hg Mínimo

Vazão (m³/s)	hl (m)	hd (m)	Hg (m)	Hm (m)
0,00000	0,0000	0,00	32,53	32,53
0,00043	0,0049	0,04	32,53	32,58
0,00086	0,0195	0,15	32,53	32,70
0,00129	0,0439	0,31	32,53	32,89
0,00171	0,0780	0,53	32,53	33,14
0,00214	0,1218	0,80	32,53	33,46
0,00257	0,1754	1,13	32,53	33,83
0,00300	0,2388	1,50	32,53	34,27
0,00343	0,3119	1,92	32,53	34,76
0,00386	0,3948	2,39	32,53	35,31

0,00429	0,4874	2,90	32,53	35,92
0,00471	0,5897	3,46	32,53	36,58
0,00514	0,7018	4,06	32,53	37,30
0,00557	0,8236	4,71	32,53	38,07
0,00600	0,9552	5,41	32,53	38,89

Para Hg Máximo

Vazão (m³/s)	hl (m)	hd (m)	Hg (m)	Hm (m)
0,00000	0,0000	0,00	32,78	32,78
0,00043	0,0049	0,04	32,78	32,83
0,00086	0,0195	0,15	32,78	32,95
0,00129	0,0439	0,31	32,78	33,14
0,00171	0,0780	0,53	32,78	33,39
0,00214	0,1218	0,80	32,78	33,71
0,00257	0,1754	1,13	32,78	34,09
0,00300	0,2388	1,50	32,78	34,52
0,00343	0,3119	1,92	32,78	35,01
0,00386	0,3948	2,39	32,78	35,56
0,00429	0,4874	2,90	32,78	36,17
0,00471	0,5897	3,46	32,78	36,83
0,00514	0,7018	4,06	32,78	37,55
0,00557	0,8236	4,71	32,78	38,32
0,00600	0,9552	5,41	32,78	39,15

9. Verificação do Tempo de Detenção Média do Esgoto

Vazão da bomba l/s

Variação do nível liga/desliga m

Volume útil do poço m³

Volume efetivo do poço m³

Tempo de detenção média

Início min

Fim

24,93

min

10. Bibliografia

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 9648: Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário – Procedimento*. Rio de Janeiro, RJ, 1986.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 9649: Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário – Procedimento*. Rio de Janeiro, RJ, 1986.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 12208: Projeto de estações elevatórias de esgoto sanitário – Procedimento*. Rio de Janeiro, RJ, 1992.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 12207: Projeto de interceptores de esgoto sanitário*. Rio de Janeiro, RJ, 2016.

NETTO, A.; FERNÁNDEZ, M. F. *Manual de Hidráulica*. 9ª edição, Editora Blucher, 2015. 632 p.

TSUTIYA, M. T.; SOBRINHO, P. A. *Coleta e transporte de esgoto sanitário*. 3ª edição, Editora ABES-RJ, 2011. 548 p.

Matheus Moura Parreira
Engº Civil
CREA: 207519/D-MG