



**ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO E ACOMPANHAMENTO TÉCNICO DE OBRAS
DO SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO NO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO,
REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO.**

LOTE 3 – RIO DE JANEIRO

Nº do contrato: SEA/UEPSAM nº07/2014

Produto nº 18

Projeto Executivo das Linhas de Recalques

Linha de Recalque LR L 2 – sub-bacia L 2

Revisão: rev_02

Documento nº: 07/14-REL.EXE.HDE-013

Data de elaboração: 03/2016



ÍNDICE

1. APRESENTAÇÃO	4
1.1. CRITÉRIOS E PARÂMETROS DE PROJETOS	5
1.1.1. CRITÉRIOS DE PROJETO	5
1.1.2. PARÂMETRO DE PROJETO - VAZÃO DE PROJETO	5
1.1.3. INSPEÇÃO DE CAMPO DAS LINHAS DE RECALQUE	5
1.2. SERVIÇOS TOPOGRÁFICOS	7
1.3. DIMENSIONAMENTO DA LINHA DE RECALQUE LR 2	7
2. MEMÓRIA DE CÁLCULO	8
3. DOCUMENTO DE REFERÊNCIA	17
4. DESENHOS DE PROJETO	17

1. APRESENTAÇÃO

O presente relatório refere-se ao Projeto Executivo das Linhas de Recalque LR L 2 – Memorial Descritivo e Desenhos do Sistema de Esgotamento Sanitário, componente da Elaboração do Projeto Executivo do Sistema de Esgotamento Sanitário no Município do Rio de Janeiro, na Região Metropolitana do Rio de Janeiro - LOTE 3, objeto do contrato SEA/UEPSAM nº 007/2014, firmado entre a Secretaria de Estado e Ambiente - SEA e a CONCREMAT Engenharia e Tecnologia S.A.

A estruturação metodológica da Fase 1 - Elaboração do Projeto Executivo contemplado pelo contrato contém as seguintes frentes de serviços:

- Serviços Preliminares.
- Estudo de Concepção.
- Projetos Executivos
- Pacote Técnico.
- Detalhamento do Projeto Executivo

A estruturação dos relatórios do Projetos Executivo da Linha de Recalque LR 2 está apresentada no quadro seguinte:

Produto	Projeto	Título
18	Linha de Recalque	Memorial Descritivo e Desenhos das Linhas de Recalque LR L 2 – sub-bacia L 2 – sub-bacia L2

Este volume consiste no relatório do Produto 18, contendo o memorial descritivo e os desenhos das Linhas de Recalques LR L 2, referente à sub-bacia L 2.

1.1. CRITÉRIOS E PARÂMETROS DE PROJETOS

Os critérios e parâmetros adotados obedecem, em linhas gerais, aos pontos preconizados nas Normas Técnica Brasileira e nas Normas Técnicas da CEDAE, os quais constaram do Relatório da Revisão do Estudo de Concepção Existente – nº 07/14-REL.CON.HDE-001 e reproduzidos a seguir.

1.1.1. CRITÉRIOS DE PROJETO

O alcance do projeto foi definido como sendo 20 anos, sendo 2015 o ano base e 2035 o horizonte de projeto e a implantação do sistema ocorrerá em etapa única.

A área do projeto em questão abrange uma área totalmente urbanizada, com ocupação consolidada e apresenta uma população predominantemente fixa, portanto foi estabelecida como índice de atendimento 100% da população final.

1.1.2. PARÂMETRO DE PROJETO - VAZÃO DE PROJETO

As vazões de projeto para dimensionamento da estação elevatória EEE L2 e linha de recalque LR L2 estão apresentadas no quadro 1.1.

Quadro 1.1 – Vazão de Contribuição – EEE L 2

Etapa	Vazão Doméstica Média (L/s)	Extensão Rede Coletora (m)	Vazão de Infiltração (l/s)	Vazão Total (l/s)		
				Mínima	Média	Máxima
Inicial (2015)	0,51	240	0,10	0,36	0,61	1,06
Final (2035)	0,69	240	0,10	0,45	0,79	1,40

1.1.3. INSPEÇÃO DE CAMPO DAS LINHAS DE RECALQUE

Foram efetuadas inspeções de campo com os dados do novo levantamento topográfico, visando o posicionamento dos poços de visitas, das redes coletoras e

das linhas de recalque nas vias, a visualização dos poços de serviço de outras concessionárias, travessias, canais, pontes, e outros fatores intervenientes como o tráfego local e o tipo de pavimentação. A seguir é apresentado um breve relato da implantação da estação elevatória EEE L 2.

- Elevatória - EEE L 2

Dentre as alternativas propostas no projeto executivo das redes coletoras da sub-bacia L2, foi adotada como solução a implantação de uma estação elevatória, no ponto mais baixo da rua Sebastião de Souza Gouveia, onde o esgoto coletado da microbacia é recalcado até o ponto mais alto da rua Sebastião de Souza Gouveia, próximo ao nº 62, e a partir desse ponto, segue por gravidade pela rede projetada nessa mesma rua.

O desnível geométrico entre o local da estação elevatória e o poço de visita receptor da linha de recalque, com extensão de 123,17 metros é de 11,0 metros.

Optou-se pela instalação da estação elevatória na própria via da rua Sebastião de Souza Gouveia, não havendo assim a necessidade de desapropriação de um lote para a implantação e a manutenção constante da área.

A localização da elevatória, que está sendo denominada como Estação Elevatória de Esgoto EEE L 2, encontra-se indicada no desenho 07/14-DES.EXE.HDE-166 do relatório 07/14-REL.EXE.HDE-011.

Antecedendo os poços de visita que receberão as contribuições enviada pela elevatória foi prevista uma caixa de transição de modo a tranquilizar o fluxo que terá acesso ao poço de visita que lhe segue. É dotado de um anteparo central, o qual tem por finalidade amortecer eventuais jatos de esgoto na saída da tubulação de recalque.

A caixa de transição está apresentada no desenho 07/14-DES.EXE.HDE-165.

1.2. SERVIÇOS TOPOGRÁFICOS

A topografia da sub-bacia L2 utilizada para os projetos das redes coletoras e das Elevatórias, foi contratada pela CONCREMAT e executada pela empresa MR Topografia e Urbanização e englobou o levantamento planialtimétrico das faixas das áreas em estudo e ainda os cadastros de interferências dos poços de serviços visíveis, cujos documentos estão apresentados no relatório 04/14-REL.EXE.TOP-002 para a sub-bacia L2, integrante da frente de Serviços Preliminares.

1.3. DIMENSIONAMENTO DA LINHA DE RECALQUE LR 2

Como padronização para o empreendimento, foi definida a utilização de PEAD para as elevatórias de pequeno porte, o caso da EEE L2.

Por se tratar de equipamentos de pequeno porte, considerou-se o diâmetro de saída da bomba e do barrilete como sendo 80 mm. Uma vez que o diâmetro do barrilete da elevatória é de 80 mm em ferro fundido, o menor diâmetro comercialmente fornecido deste material, adotou-se o diâmetro de 90 mm em PEAD, diâmetro externo, e tubos com 5,4 mm de espessura de parede, mantendo assim o diâmetro interno da tubulação desde a saída da bomba até o final da linha de recalque. Atendendo às normas vigentes, procurou-se nas tubulações de recalque respeitar a faixa de velocidade de 0,60 m/s a 3,00 m/s.

A linha de recalque terá diâmetro externo de 90 mm e extensão de 123,17 metros. Inicia na Estação Elevatória EEE L2 e segue pela rua Sebastião de Souza Gouveia e faz o lançamento no poço de visita PV L2-307, localizado na própria rua Sebastião de Souza Gouveia em frente ao logradouro nº 62 na sub-bacia L2. A cota de chegada da linha de recalque no poço de visita PV L2-307 é 44,57m.

A NBR 12.208-1992, no item 4.2.2, preconiza os limites de velocidade na tubulação de recalque em: $0,60 \leq v \leq 3,00$ m/s.

2. MEMÓRIA DE CÁLCULO

QUADRO RESUMO	
Dados da Elevatória	
Cota de topo do PV de chegada na elevatória (L2-588):	35,200 m
Cota de fundo do PV de chegada na elevatória (L2-588):	32,909 m
Cota de implantação da EEE L2:	35,20 m
Cota de fundo do PV de entrada na elevatória:	32,85 m
Cota do nível máximo no poço de sucção (NA máximo):	32,83 m
Cota do nível mínimo no poço de sucção (NA mínimo):	32,60 m
Submergência do conjunto motobomba:	0,50 m
Cota do fundo do poço de sucção:	32,10 m
Dados da Linha de Recalque	
Comprimento da tubulação de recalque:	123,172 m
Diâmetro interno da tubulação em PEAD PE100 PN10 SDR17:	79,2 mm
Coeficiente de rugosidade para a fórmula universal (tubo novo):	0,0002 m
Coeficiente de rugosidade para a fórmula universal (tubo usado):	0,0003 m
Cota de fundo do PV de lançamento do recalque (L2-307):	44,57 m
Desnível geométrico mínimo (NA máximo - Cota do fundo do PV de chegada):	11,74 m
Desnível geométrico máximo (NA mínimo - Cota do fundo do PV de chegada):	11,97 m
Dados Operacionais	
Vazão Média afluyente de início de plano:	0,61 L/s
Vazão Máxima afluyente de final de plano:	1,40 L/s
Vazão de operação da bomba em início de plano (tubo novo e NA máximo):	3,22 L/s
Altura manométrica em início de plano (tubo novo e NA máximo):	12,72 m
Velocidade média de escoamento em início de plano (tubo novo e NA máximo):	0,65 m/s
Vazão de operação da bomba em final de plano (tubo usado e NA mínimo):	2,97 L/s
Altura manométrica em final de plano (tubo usado e NA mínimo):	12,89 m
Velocidade média de escoamento em final de plano (tubo usado e NA mínimo):	0,60 m/s
Sobrepresão máxima durante os transitórios hidráulicos:	14,12 m
Subpressão mínima durante os transitórios hidráulicos (ver página xx):	-0,10 m
Dados do Conjunto Motobomba	
Vazão mínima (para manter 0,60 m/s de velocidade):	2,96 L/s
Rendimento estimado:	40 %
Rotação:	3.405 rpm
Potência consumida em início de plano:	1,37 cv
Potência consumida em final de plano:	1,3 cv
Potência a ser instalada:	2 cv
NPSH disponível no sistema:	10,01 m
Dados do Poço de Sucção	
Tempo de detenção (início de plano):	29,8 min
Tempo de detenção (final de plano):	12,98 min
Volume útil:	0,41 m ³
Tempo de ciclo em início de plano:	26,64 min
Tempo de ciclo em final de plano:	14,36 min

Dados Gerais						
Vazão Afluente						
			Vazão Média L/s	Vazão Máxima L/s		
Início de Plano	→	2015	0,61	1,06		
Final de Plano	→	2035	0,79	1,40		
Poço de Sucção						
Dados do último PV da rede:		Cota de fundo do PV de entrada:		32,85 m		
Nome:	L2-588	NA máximo:		32,83 m		
Cota de topo:	35,200 m	NA mínimo:		32,60 m		
Cota de fundo:	32,909 m	Submergência mínima da bomba:		0,50 m		
		Cota de fundo:		32,10 m		
		Poço circular (diâmetro):		1,50 m		
		Área transversal:		1,77 m ²		
		Volume útil:		0,41 m ³		
		Volume efetivo:		1,09 m ³		
Linha de Recalque:						
Diâmetro interno do tubo:	79,2 mm	Material:		PEAD PE100 PN 10 SDR 17		
Comprimento:	123,172 m	Cota de chegada no L2-307:		44,57 m		
Rugosidade (tubo novo):	0,0002 m	Desnível Geométrico mínimo:		11,74 m		
Rugosidade (tubo usado):	0,0003 m	Desnível Geométrico máximo:		11,97 m		
Perda de Carga Localizada						
Expressão geral das perdas localizadas:						
$h_l = K \times \frac{v^2}{2 \times g} \rightarrow h_l = \frac{K}{2 \times g \times A} \times Q^2$						
em que:						
Perda de carga localizada em função da vazão (m):		<i>hl</i>				
Coeficiente de perda de carga:		<i>K</i>				
Área da seção do tubo (m ²):		<i>A</i>				
Diâmetro da tubulação (m):		<i>D</i>				
Aceleração da gravidade (m/s ²):		<i>g</i> → 9,81 m/s ²				
Vazão (m ³ /s):		<i>Q</i>				
Trecho	Peças	<i>K</i>	<i>D</i>	<i>A</i>	Quant	<i>h_l</i>
Sucção	-			0,000	0	0 Q ²
	-			0,000	0	0 Q ²
	-			0,000	0	0 Q ²
	-			0,000	0	0 Q ²
Barrilete	Curva 90°	0,40	0,080	0,005	3	2421 Q ²
	Válvula de retenção	2,50	0,080	0,005	1	5043 Q ²
	Registro de gaveta	0,20	0,080	0,005	1	403 Q ²
	Tê de passagem direta	0,60	0,080	0,005	2	2421 Q ²
Emissário	Curva 90°	0,40	0,079	0,005	1	840 Q ²
	Saída de canalização	1,00	0,079	0,005	1	2100 Q ²
	-			0,000	0	0 Q ²
	-			0,000	0	0 Q ²
Somatório						13228 Q²

Perda de Carga Distribuída

$$h_d = f \times \frac{L}{D^5} \times \frac{8}{\pi^2 \times g} \times Q^2$$

em que:

Perda de carga distribuída (m):	h_d	
Coefficiente de atrito:	f	
Comprimento da tubulação (m):	L	→ 123,172 m
Diâmetro da tubulação (m):	D	→ 79,20 mm
Aceleração da gravidade (m/s ²):	g	→ 9,81 m/s ²
Vazão (m ³ /s):	Q	

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 1,74 + 2 \times \log \frac{D}{2 \times k}$$

em que:

Rugosidade da tubulação (m): k

Considerando o envelhecimento da tubulação, temos que:

Tubos novos:	$k = 0,0002 \text{ m}$	→	$f = 0,02493$
Tubos usados:	$k = 0,0003 \text{ m}$	→	$f = 0,02795$

Portanto, para a perda de carga distribuída, temos as seguintes expressões:

Tubos novos:	$h_d = 81422 \cdot Q^2$
Tubos usados:	$h_d = 91293 \cdot Q^2$

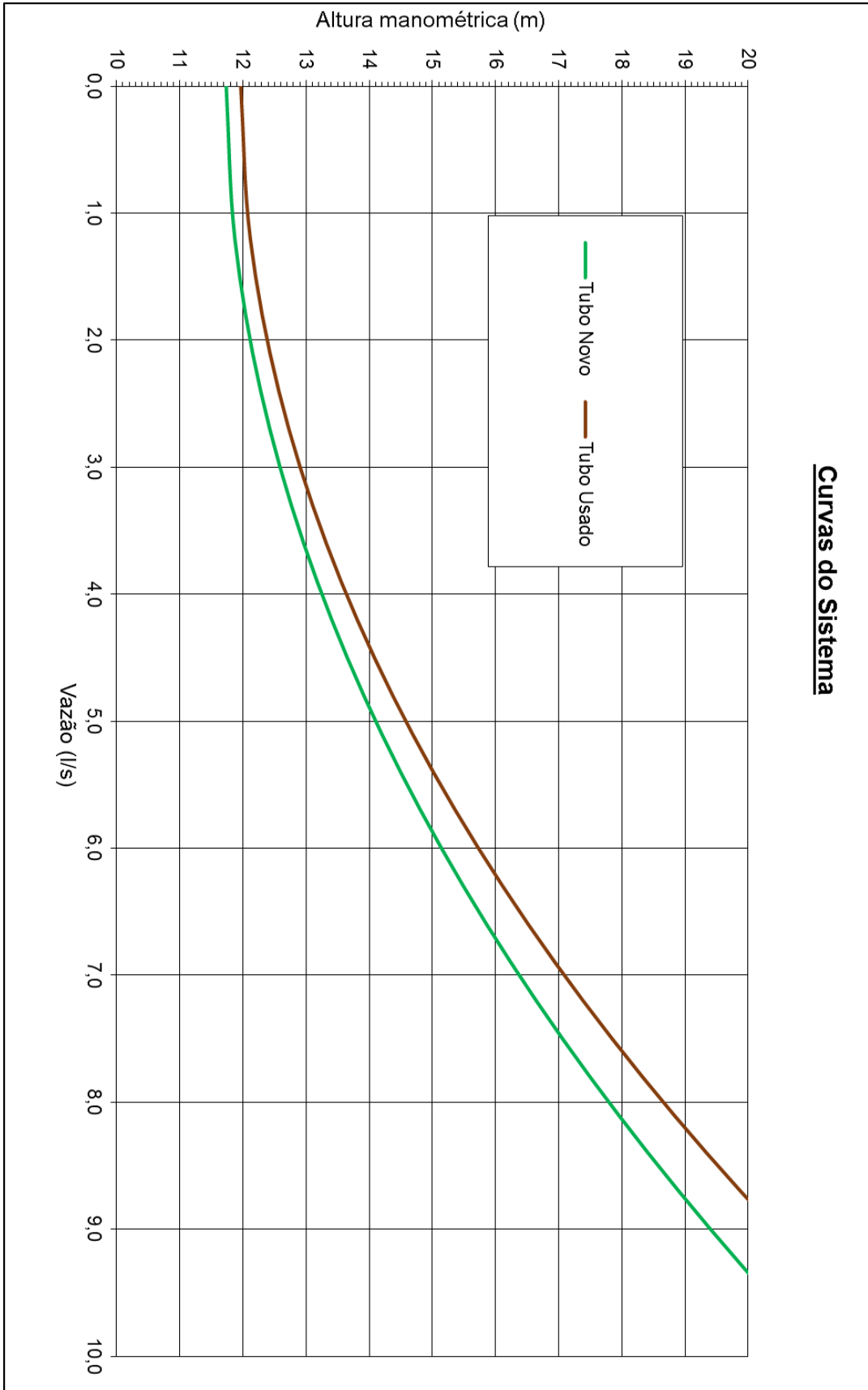
Somando a perda de carga localizada, a perda de carga distribuída e o desnível geométrico para o NA máx do poço (Tubo Novo) e o desnível geométrico para o NA mín do poço (Tubo Usado), encontramos as equações que descrevem as perdas de carga em função da vazão para a pior e melhor situação operacional do sistema.

	$H_f = H_g + h_l + h_d$	
Tubos novos:	$H_f = 11,74 + 94650 \cdot Q^2$	melhor situação
Tubos usados:	$H_f = 11,97 + 104521 \cdot Q^2$	pior situação

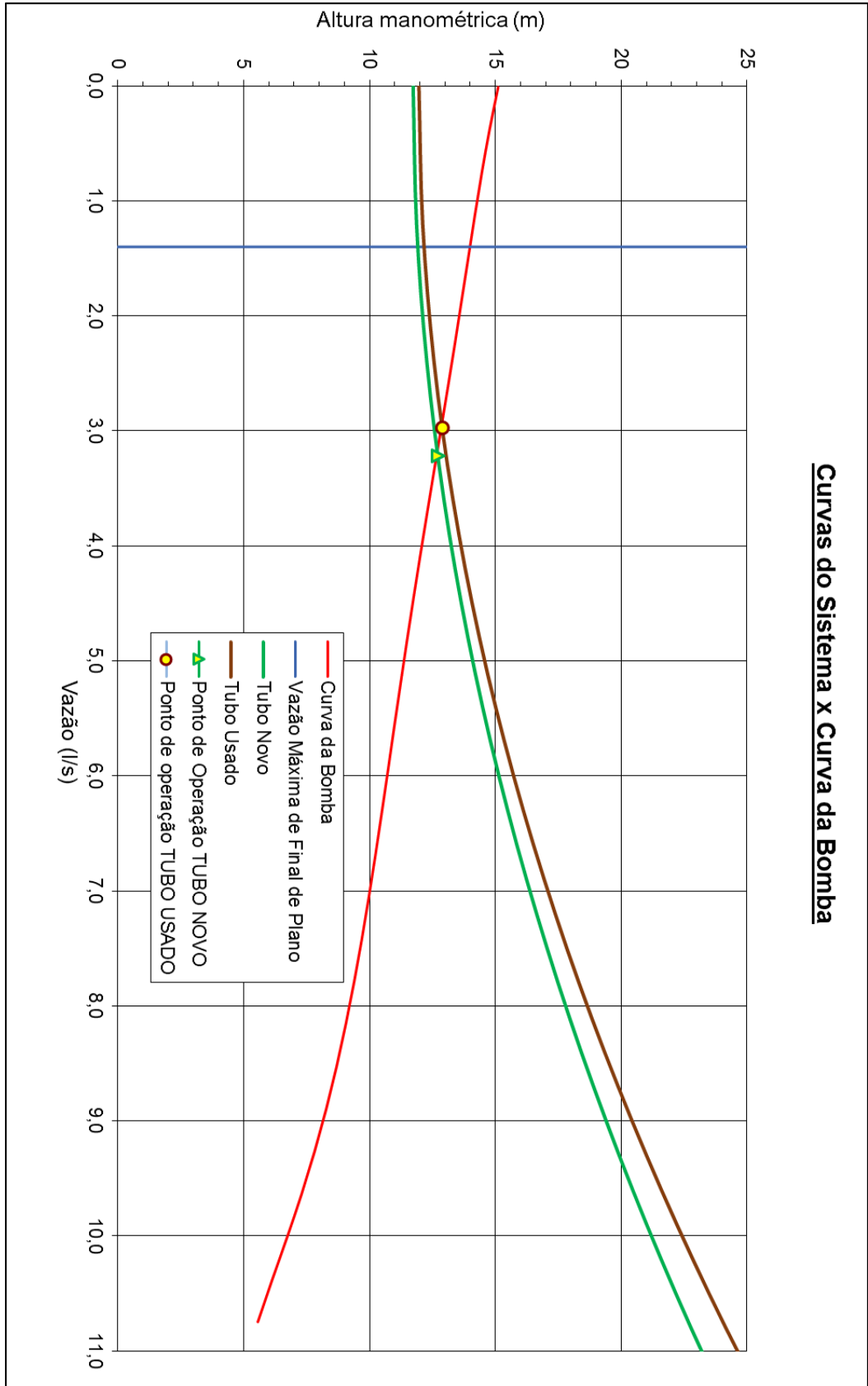
Vazão		Altura Manométrica	
L/s	m ³ /s	Tubo Novo	Tubo Usado
0,0	0,000	11,74	11,97
1,2	0,001	11,88	12,12
2,4	0,002	12,29	12,57
3,6	0,004	12,97	13,32
4,8	0,005	13,92	14,38
6,0	0,006	15,15	15,73
7,2	0,007	16,65	17,39
8,4	0,008	18,42	19,35
9,6	0,010	20,46	21,60
10,8	0,011	22,78	24,16
12,0	0,012	25,37	27,02

Pontos de Operação

	Vazão L/s	Hm m	Veloc. m/s
Tubo Novo	3,22	12,72	0,65
Tubo Usado	2,97	12,89	0,60



Curva		Dados da Bomba	
Vazão L/s	Altura m		
0,010	15,120	<p>Para a avaliação da elevatória foi realizada a pesquisa das bombas submersíveis ofertadas no mercado. As curvas das bombas foram comparadas com as curvas do sistema para a definição do ponto de operação. A curva da bomba adotada reflete a pesquisa e representa uma sugestão de equipamento. Para o funcionamento da elevatória, de acordo com as normas, é necessário que a vazão mínima do sistema, durante o plano de atendimento, seja superior a 2,96 L/s, proporcionando a velocidade média do fluido na tubulação de 0,60 m/s.</p> <p style="text-align: center;">NPSH Disponível</p> $\frac{P_{atm}^{abs}}{\gamma} - \left(h_s + \frac{P_v^{abs}}{\gamma} + \Delta h_s \right) = NPSH_d$ <p>Em que:</p> <ul style="list-style-type: none"> γ - Peso específico da água a 20° C: 9.789 N/m³ P_{atm}^{abs} - Pressão Atmosférica Absoluta: 101.325 Pa P_v^{abs} - Pressão de vapor a 20° C: 2.340 Pa h_s - Submersão: 0,10 mca Δh_s - Perda de carga na sucção: 0,00 mca <p style="text-align: right;">NPSH_d - NPSH disponível: 10,01 m</p> <p>Potencia para o ponto de operação:</p> <ul style="list-style-type: none"> Vazão → Q 3,22 L/s Altura → Hm 12,72 m Rendimento estimado → η 40 % Potência consumida → P 1,37 cv Potência a ser instalada → Pi 2 cv 	
0,380	14,778		
0,751	14,475		
1,121	14,198		
1,491	13,934		
1,862	13,672		
2,232	13,407		
2,602	13,135		
2,973	12,857		
3,343	12,577		
3,713	12,298		
4,083	12,024		
4,454	11,756		
4,824	11,497		
5,194	11,245		
5,565	10,998		
5,935	10,753		
6,305	10,506		
6,676	10,253		
7,046	9,988		
7,416	9,707		
7,787	9,403		
8,157	9,071		
8,527	8,702		
8,897	8,289		
9,268	7,826		
9,638	7,309		
10,008	6,743		
10,379	6,148		
10,749	5,572		



Poço de Sucção

Tempo de detenção média:

$$T_d = \frac{V_e}{Q}$$

Em que:

Tempo de detenção (início de plano): T_{di} → 29,8 min < valor recomendado (30min)

Tempo de detenção (final de plano): T_{df} → 12,98 min

Vazão afluyente (média de início de plano): Q_i → 0,61 L/s

Vazão afluyente (máxima de final de plano): Q_f → 1,40 L/s

Volume efetivo do poço de sucção: V_e → 1,09 m³

O volume efetivo é calculado através da altura média útil, ou seja NA Máximo mais o NA Mínimo dividido por dois subtraído da cota de fundo, multiplicado pela área transversal do poço:

NA máximo: 32,83 m

NA mínimo: 32,60 m

Cota de fundo: 32,10 m

Área transversal: 1,77 m²

Verificação do volume mínimo:

Para o volume mínimo, temos:

$$V_{\min} = \frac{Q \cdot T_{\min}}{4}$$

Será considerada a vazão de final de plano, por ser a pior situação para o tempo de ciclo.

Equação 10.10 do livro Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário - Tsutiyu, Milton Tomoyuki - 2ª Edição - 2000 - pg. 348.

Em que:

Tempo mínimo de operação (entre partidas da bomba): T_{\min} → 10 min

Volume mínimo do poço de sucção: V_{\min} → 0,21 m³

O tempo mínimo adotado é compatível com o tempo mínimo sugerido pelos fornecedores de bombas do mercado. O cálculo contempla a operação das bombas instaladas funcionando em regime de rodízio*.

O volume útil do poço de sucção é dado pela distância entre o NA máximo e o NA mínimo multiplicada pela área transversal do poço de sucção:

NA máximo: 32,83 m

NA mínimo: 32,60 m

Área transversal: 1,77 m²

Volume útil: V_u → 0,41 m³ > V_{\min}

Portanto, o a variação do tempo de ciclo das bombas será:

Tempo de ciclo em início de plano: T_{ci}^* → 26,64 min

Tempo de ciclo em final de plano: T_{cf}^* → 14,36 min > T_{\min}

*multiplicado por 2 para simular o rodízio.

Em que:

Vazão de bombeamento no início de plano: Q_{bi} → 3,22 L/s

Vazão de bombeamento no final de plano: Q_{bf} → 2,97 L/s

Subida do nível no início de plano: S_i → 11,20 min

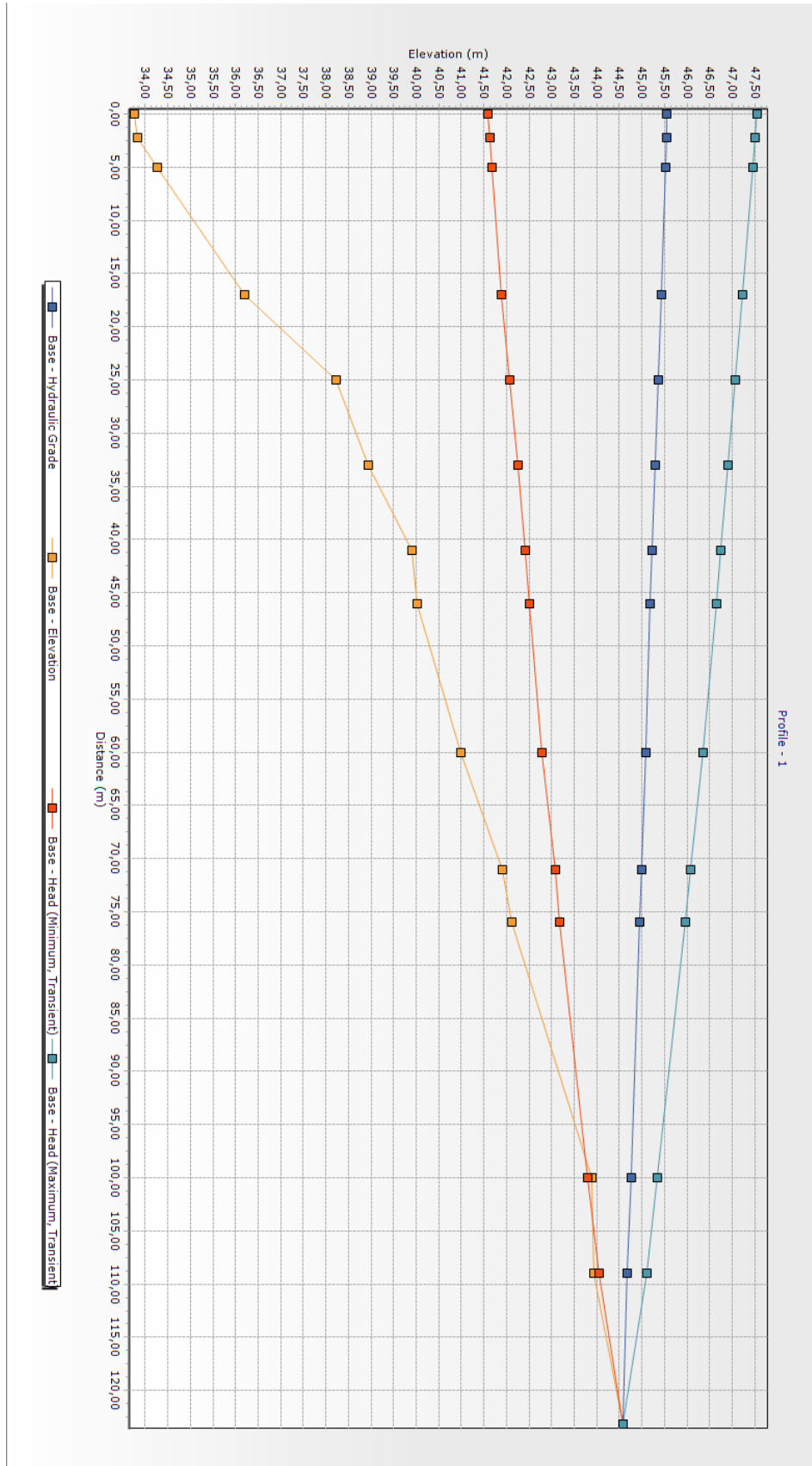
Subida do nível no final de plano: S_f → 4,88 min

Descida do nível no início de plano: D_i → 2,12 min

Descida do nível no final de plano: D_f → 2,30 min

Transientes						
Premissas adotadas para o cálculo dos transientes:	Ponto	Elevação (m)	Carga máxima (m)	Carga mínima (m)	Pressão máxima (m)	Pressão mínima (m)
Inércia mínima da bomba 0,08 kg.m ²	0,00	33,76	47,60	41,48	14,12	8,01
	2,26	33,84	47,55	41,60	13,76	7,82
	5,00	34,26	47,52	41,64	13,65	7,78
Rotação do equipamento 3.405 rpm	17,00	36,19	47,47	41,68	13,18	7,40
	25,00	38,23	47,22	41,90	11,01	5,69
	33,00	38,93	47,07	42,07	8,82	3,83
Rendimento mínimo do conjunto 40 %	41,00	39,9	46,90	42,24	7,96	3,31
	46,00	40,02	46,74	42,42	6,82	2,51
	60,00	40,99	46,65	42,50	6,61	2,48
Curva característica da bomba descrita anteriormente	71,00	41,9	46,35	42,80	5,35	1,80
	76,00	42,11	46,07	43,08	4,16	1,18
	100,00	43,9	45,97	43,18	3,85	1,07
	109,00	43,94	45,33	43,80	1,43	-0,10
	123,17	44,57	45,10	44,04	1,16	0,10

Observa-se a ocorrência de pressões negativas no ponto próximo à estaca 5. O perfil do recalque diminui a inclinação neste ponto, favorecendo a possibilidade dessa ocorrência. Por se tratar de valor baixo de subpressão, ocorrendo apenas em caso de parada inesperada do sistema, e considerando as baixas velocidades do líquido na tubulação, 0,65 m/s, podemos considerar viável tal ocorrência, mas é importante observar este ponto durante a operação da elevatória.



3. DOCUMENTO DE REFERÊNCIA

O quadro a seguir apresenta os documentos de referência da Elevatória de Esgoto EEE L 2.

Número	Rev.	Título
PROJETO EXECUTIVO LISTA DE DESENHOS		
07/14-DES.EXE.GER-001	6	PLANTA GERAL DA ÁREA – LOTE 3 Sub-bacias L1, L2, Colégio e Licínio Barcelos
07/14-DES.EXE.HDE-166	4	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ESGOTO - L 2 LOCAÇÃO, LOCALIZAÇÃO, VISTA SUPERIOR E DETALHES
07/14-DES.EXE.HDE-167	4	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ESGOTO - L 2 PLANTA, CORTES, VISTAS E DETALHES
07/14-DES.EXE.HDE-039	1	CESTO RETENTOR DE SÓLIDOS - L1 / L 2 DETALHES
07-14-REL.EXE.HDE-011	4	PROJETO EXECUTIVO DE INSTALAÇÃO HIDROMECAÂNICA DA EEE L2 SUB-BACIA L 2

4. DESENHOS DE PROJETO

Os desenhos que integram este relatório estão relacionados na Lista de Desenhos a seguir e apresentadas no ANEXO I do relatório.

Número	Rev.	Título
PROJETO EXECUTIVO LISTA DE DESENHOS		
07/14-DES.EXE.HDE-165	1	CAIXA DE TRANSIÇÃO RECALQUE – REDE PLANTA, CORTES E DETALHES
07/14-DES.EXE.HDE-169	2	LINHA DE RECALQUE - L 2 PLANTA E PERFIL – ESTACA 0+0,00 A 6+3,17



ANEXO I

DESENHOS