

MÓDULO VI – PROJETO EXECUTIVO DA ADUTORA DE IPUEIRAS

VOLUME III – DETALHAMENTO DO PROJETO EXECUTIVO

TOMO 2 – MEMÓRIA DE CÁLCULO

EDITADO EM OUTUBRO/2006

ÍNDICE

ÍNDICE

APRESENTAÇÃO	7
1 – INTRODUÇÃO	11
2 – MEMÓRIA DE CÁLCULO	14
2.1 – ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA BRUTA (EEAB).....	14
2.1.1 – Dimensionamento do Flutuante	14
2.1.2 – Dimensionamento dos Conjuntos Motobomba	14
2.1.2.1 – Altura Manométrica Total: Hman	14
2.1.2.2 – Potência dos Motores	19
2.1.2.3 – Curva da Bomba x Curva do Sistema.....	23
2.1.2.4 – Cavitação.....	25
2.2 – ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA (EEAT).....	26
2.2.1 – Dimensionamento dos Conjuntos Motobomba	26
2.2.1.1 – Altura Manométrica Total: Hman	26
2.2.1.2 – Potência dos Motores	29
2.2.1.3 – Curva da bomba x curva do sistema	32
2.3 – ADUÇÃO	33
2.3.1 – Estudo do Diâmetro Econômico da Tubulação Adutora de Água Tratada.	33
2.3.2 – Blocos de Ancoragem	35
2.3.3 – Movimento de Terra	36
2.3.4 – Transiente Hidráulico e Equipamento de proteção	37
2.3.4.1 – Sistema EEAB-AAB: Sem proteção.....	37
2.3.4.2 – Sistema EEAB-AAB: Com proteção	38
2.3.4.3 – Sistema EEAT-AAT: Sem proteção	40

2.3.4.4 – Interligação Reservatório Apoiado Projetado → Reservatório Elevado Existente.....	42
2.4.1 – Generalidades	47
2.4.2 – Dimensionamento dos Filtros	49
2.4.2.1 – Parâmetros Adotados.....	49
2.4.2.2 – Área Filtrante Total (Aft)	49
2.4.2.3 – Número Mínimo de Unidades Filtrantes(N)	49
2.4.2.4 – Área de cada Filtro (Af).....	49
2.4.2.5 – Diâmetro de cada Filtro (Df)	49
2.4.2.6 – Taxa de Filtração Máxima Diária na (Tf).....	50
2.4.3 – Dimensionamento da Estação Elevatória de Lavagem dos Filtros (EELF) 50	
2.4.3.1 – Vazão de lavagem (q).....	50
2.4.3.2 – Volume de lavagem (VI)	50
2.4.3.3 – Volume do Reservatório Elevado (VRe).....	50
2.4.3.4 – Volume para o Reservatório Apoiado (VRa).....	51
2.4.3.5 – Vazão da Bomba de Recalque (Qre).....	51
2.4.3.6 – Potência dos Motores	51
2.4.4 – Quantidade de Produtos Químicos.....	51
2.5 – RESERVAÇÃO.....	51
2.5.1 – Critérios de Reservação.....	51
2.5.2 – Dimensionamento da Reservação	51
2.5.2.1 – Fórmula Utilizada.....	51
2.5.2.2 – Dimensionamento.....	54
2.6 – PROJETO ELÉTRICO.....	55

2.6.1 – Objetivo	55
2.6.2 – Sistema Elétrico da COELCE	55
2.6.3 – Memória de Cálculo QDLF2	55
2.6.3.1 – Alimentação do Circuito 1: Iluminação Interna	55
2.6.3.2 – Alimentação do Circuito 2 e 3: Tomadas Uso Comum	56
2.6.3.3 – Alimentação do Circuito 4: Tomadas Uso Comum	57
2.6.3.4 – Alimentação do Circuito 5, 6, 7,8 e 9: Tomadas Trifásicas	58
2.6.3.5 – Alimentação do Circuito 10 e 11: Tomadas Arstop.....	58
2.6.3.6 – Alimentador Geral (QGBT ao QDLF2).....	59
2.6.4 – Memória de Cálculo QDLF 1	60
2.6.4.1 – Alimentação do Circuito 1: Iluminação Interna	60
2.6.4.2 – Alimentação do Circuito 2: Iluminação Externa	61
2.6.4.3 – Alimentação do Circuito 3: Iluminação Externa Pátio	62
2.6.4.4 – Alimentação do Circuito 4: Tomadas Uso Comum	62
2.6.4.5 – Alimentação do Circuito 5: Tomada de Força.....	63
2.6.4.6 – Alimentador Geral (QGBT ao QDLF1).....	64
2.6.5 – Memória de Cálculo QGBT	65
2.6.5.1 – Alimentação do Circuito 1 – Iluminação do Flutuante.....	65
2.6.5.2 – Alimentação do Circuito 2 - Alimentação dos Motores CCM1 (Flutuante)	65
2.6.5.3 – Alimentador Geral do CCM1 (Do QGBT ao CCM1).....	67
2.6.5.4 – Alimentação do Circuito 3 – Alimentação dos Motores CCM2 (EEAT).....	67
2.6.5.5 – Alimentador Geral do CCM2 (Do QGBT ao CCM2).....	69
2.6.5.6 – Alimentação do Circuito 4 - Alimentação dos Motores CCM3 (EELF)	69
2.6.5.7 – Alimentador Geral do CCM3 (Do QGBT ao CCM3).....	71

2.6.5.8 – Alimentação do Circuito 5 - Alimentação do Motor CPD 1 (Leito de Secagem)	71
2.6.5.9 – Alimentador Geral do CPD1 (Do QGBT ao CPD1)	73
2.6.5.10 – Alimentação do Circuito 8 – Tomada de Força Trifásica	73
2.6.5.11 – Alimentação do Circuito 9 – Tomada de Uso Comum Monofásica	74
2.6.5.12 – Alimentador Geral (Medição ao QGBT)	75
2.6.5.13 – Potência do Transformador de Força	76

ANEXOS

ANEXO 1 – ESTUDO DO DIÂMETRO ECONÔMICO

ANEXO 2 – CÁLCULO DE ESTABILIDADE DO FLUTUANTE

ANEXO 3 – CURVAS DE BOMBA

ANEXO 4 – CURVA DE PERDA DE CARGA DO MACROMEDIDOR

APRESENTAÇÃO

APRESENTAÇÃO

Tendo por objetivo a implantação da adutora do sistema de abastecimento d'água do Município de IPUEIRAS, a Secretaria de Recursos Hídricos – SRH e o Consórcio KL Serviços e Engenharia S/S Ltda, MABE – Infra-Estrutura Serviços S/C Ltda e Enerconsult S.A., firmaram o Contrato N.º 11/PROGERIRH/CE/SRH/2003, de que faz parte a Elaboração do Projeto Executivo da citada adutora.

O Projeto da Adutora de Ipueiras se insere no contexto do Programa de Gerenciamento e Integração dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará – PROGERIRH, desenvolvido em parceria com o Banco Internacional de Reconstrução e Desenvolvimento – BIRD. Foi elaborado de forma a atender aos requisitos contidos nos Termos de Referência relativos ao citado contrato, bem como, às normas pertinentes à elaboração de projetos para sistemas de abastecimento de água.

A fonte hídrica será a represa formada com a construção da Barragem Jatobá, recém projetada, que se localizará em seção do riacho de mesmo, a 6,0 km à montante da sede municipal.

Os volumes e tomos que compõem o acervo do contrato, em referência, são mencionados na seqüência:

Módulo I: Estudos de Alternativas de Localização das Barragens e Adutoras

VOLUME I: Estudo de Alternativas e Opções para a Localização dos eixos Barráveis e Adutoras.

Módulo II: Estudos Básicos, Anteprojetos e Avaliações

VOLUME I: Estudos Básicos

TOMO 1 – Relatório Geral – Textos

TOMO 2 – Estudos Hidrológicos

TOMO 3 – Estudos Cartográficos

TOMO 4 – Estudos Geológicos e Geotécnicos

TOMO 5 – Estudos Pedológicos

VOLUME II: Anteprojeto

TOMO 1 – Relatório de Concepção Geral

TOMO 1A – Desenhos e Plantas

TOMO 1B – Memória de Cálculo

VOLUME III: Avaliações Financeiras e Econômicas

TOMO 1 – Relatório de Avaliações Financeira e Econômica

Módulo III: Estudos dos Impactos no Meio Ambiente (EIA/RIMA)

VOLUME I: EIA

VOLUME II: RIMA

Módulo IV: Projeto Executivo da Barragem

VOLUME I: Detalhamento do Projeto Executivo

TOMO 1 – Memorial Descritivo do Projeto

TOMO 2 – Desenhos do Projeto

TOMO 3 – Memória de Cálculo

TOMO 4 – Especificações Técnicas

TOMO 5 – Quantitativos e Orçamentos

TOMO 6 – Síntese

Módulo V: Levantamento Cadastral e Plano de Reassentamento

VOLUME I: Levantamento Cadastral

TOMO 1 – Relatório Geral

TOMO 2 – Laudos Individuais de Avaliação

TOMO 3 – Levantamentos Topográficos

VOLUME II: Plano de Reassentamento

TOMO 1 – Relatório final de Reassentamento

Módulo VI: Projeto Executivo das Adutoras

VOLUME I: Estudos Básicos

TOMO 1 – Levantamentos Topográficos

TOMO 2 – Investigações Geotécnicas

VOLUME II: Anteprojeto

VOLUME III: Detalhamento do Projeto Executivo

TOMO 1 – Memorial Descritivo

TOMO 2 – Memória de Cálculo

TOMO 3 – Quantitativos e Orçamentos

TOMO 4 – Especificações Técnicas e Normas de Medições

TOMO 5 – Plantas

Módulo VII: Elaboração dos Manuais de Operação e Manutenção

VOLUME I: Manuais de Operação e Manutenção

O presente relatório é denominado Volume III – Detalhamento do Projeto Executivo, **Tomo 2 – Memorial de Cálculo da Adutora de Ipueiras**, e é parte integrante do Módulo VI.

1 – INTRODUÇÃO

Com o intuito de oferecer água para abastecimento humano à população radicada na cidade de Ipueiras, dentro dos padrões exigidos pela legislação específica vigente e de fonte de suprimento confiável, no que diz respeito à regularidade, foram procedidos estudos nos quais se apoiou o Projeto Executivo, que ora se apresenta, estando os mesmos em consonância com o que preceitua o programa desenvolvido pelo Governo do Estado do Ceará, na área de atuação da Secretaria dos Recursos Hídricos, no âmbito do Programa de Gerenciamento e Integração dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará – PROGERIRH.

Informações gerais sobre a região, em que se situa o empreendimento objeto do presente relatório, podem ser assim sumarizadas:

A distância entre Fortaleza e a cidade de Ipueiras é de 298,0Km.

As coordenadas geográficas e a altitude da sede do município são:

Latitude: 4°32'30";

Longitude: 40°43'08";

Altitude (Sede): 231,00m;

Área da superfície geográfica do município: 3.131,70km².

Unidade territoriais limítrofes:

Ao Norte: Municípios de Ipu e Croatá;

Ao Sul: municípios de Poranga e Ararendá;

A Leste: municípios de Ararendá, Nova Russa, Hidrolândia e Ipu;

A Oeste: municípios de Croatá e Poranga e Estado do Piauí.

O manancial que alimentará a Adutora será o açude Jatobá, cuja barragem, recém projetada, estará a 6,0Km à montante da cidade de Ipueiras, por estrada carroçável.

Na **Figura 1.1** são apresentados mapas onde se localiza o Município de Ipueiras em relação ao Estado do Ceará e se indicam os pontos extremos e o traçado da adutora 3.

O horizonte do projeto ora proposto é de 30 anos, tendo como ano inicial de operação o ano de 2006.

FIGURA 1.1 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO

ARQUIVO – Tomo 1 – mem descritivo/desenhos/FIGURA 1-1.DWG

2 – MEMÓRIA DE CÁLCULO

2 – MEMÓRIA DE CÁLCULO

2.1 – ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA BRUTA (EEAB)

2.1.1 – Dimensionamento do Flutuante

No **Anexo 2** ao presente relatório encontram-se os dados e marcha de cálculo para dimensionamento do flutuante e verificação de sua estabilidade.

2.1.2 – Dimensionamento dos Conjuntos Motobomba

2.1.2.1 – Altura Manométrica Total: Hman

a) Dados para Dimensionamento

Vazão da 1ª etapa.....33,60L/s (2016)

Vazão da 2ª etapa.....33,60L/s (2026)

Vazão da 3ª etapa.....33,60L/s (2036)

N.º de bombas..... 2(duas). Uma ativa e uma reserva

Tubulação PEAD (Flutuante →Transição PEAD x PVC)

>Material.....PEAD (Polietileno de alta densidade)

>Diâmetro externo.....250,00mm

>Diâmetro interno.....220,20 mm

>Extensão270,39 m

>Pressão de Serviço.....PN-8

Tubulação em PVC (Transição PEAD x PVC → Câmara de carga da ETA) :

>Material.....PVC

>Diâmetro nominal.....200,00 mm

>Diâmetro interno.....204,20 mm

>Extensão264,17 m

>Pressão de Serviço.....1MPa

Nível mínimo de operação do flutuante (NA mínimo): Cota.....	256,00*
Nível máximo de operação do flutuante (NA máximo): Cota.....	266,00
Cota do eixo da Tomada D' água (C-Tom).....	257,00
Cota do terreno natural na ETA.....	269,00
Carga necessária na câmara de carga da ETA.....	9,00 m
Altura de sucção (Hs)	
Perda de carga na sucção (Hfs) e no barrilete (Hfb)	
Perda de carga no recalque (Hfr)	
Diferença geométrica (Dg)	
Pressão necessária no início da adutora (PI).....	PI=Hfr+Dg

b) Perda de carga distribuída (hd)

O formulário utilizado para determinação das perdas de carga distribuídas (h_d) do sistema foi o seguinte:

a) Fórmula universal de perda de carga:

$$h_f = F \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

b) Fórmula de Colebrook:

$$\frac{1}{\sqrt{F}} = -2 \log \left(0,27 \frac{K}{D} + \frac{2,51}{R\sqrt{F}} \right)$$

c) Número de Reynolds:

$$R = \frac{V \cdot D}{\lambda}$$

*NOTA: Não obstante a cota correspondente ao nível mínimo de operação da barragem tenha sido definida pela hidrologia na cota 259,00, adotou-se como nível mínimo de operação do flutuante a cota 256,00. Tal decisão se fundamenta no fato de que o açude é deficitário para o fim a que se destina.

d) Equação da continuidade:

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} \cdot V$$

Onde:

d) F = fator de Colebrook;

e) D = diâmetro (m);

f) K = coeficiente de rugosidade (mm);

g) λ = viscosidade cinemática do líquido (m²/s);

h) L = comprimento do trecho (m);

i) V = velocidade do fluxo (m/s);

j) g = aceleração da gravidade (m/s²).

O valor do coeficiente de rugosidade adotado para as tubulações foi de 0,06.

Nos **Quadro 2.0** e **Quadros 2.1** são apresentadas as perdas de carga ao longo da adutora, assim como, o desnível geométrico e a pressão necessária no início da mesma.

c) Perda de carga localizada (hl)

Para o cálculo das perdas de carga localizadas (hl) do sistema foi usada a seguinte fórmula:

$$h_l = k \times \frac{V^2}{2g}$$

O **Quadro 2.2** apresenta os respectivos valores de hl e hd, referentes à sucção e ao barrilete das bombas da EEAB.

d) Determinação da Hman

Para o cálculo da altura manométrica total foi utilizada a seguinte expressão:

$$H_{man} = H_s + H_{fs} + H_{fb} + P_I$$

QUADROS.XLS / QUADRO 2.0

QUADROS.XLS / QUADRO 2.1

QUADRO 2.2 – Perdas de Carga distribuídas e localizadas da EEAB

PEÇA	K	D (mm)	Q (l/s)	V (m/s)	Hf (m)
Válvula de pé com Crivo	0,75	200	33,60	1,07	0,10
Toco L=0,80m		200	33,60	1,07	0,10
Curvas de 90°	0,40	200	33,60	1,07	0,10
Redução excêntrica	0,15	150	33,60	1,90	0,10
Total na sucção					0,40
Redução normal	0,30	100	33,60	4,28	0,30
Curvas de 90°	0,40	200	33,60	1,07	0,10
Toco L=1,00m		200	33,60	1,07	0,10
Curvas de 90°	0,40	200	33,60	1,07	0,10
Toco L=1,00m		200	33,60	1,07	0,10
Curvas de 90°	0,40	200	33,60	1,07	0,10
Válvula de retenção	2,50	200	33,60	1,07	0,20
Registro de gaveta	0,20	200	33,60	1,07	0,10
Toco L=1,00m		200	33,60	1,07	0,10
Curva de 45° (2)	0,30	200	33,60	1,07	0,10
Ampliação (200x250)	0,15	200	33,60	1,07	0,10
Total no barrilete					1,40

2.1.2.2 – Potência dos Motores

A potência dos conjuntos motobomba foi calculada pela fórmula:

$$P = \frac{\gamma \times Q \times AMT}{75 \times n} \times FS$$

Onde:

P = Potência (CV);

γ = Peso específico da água (1000kgf/cm³);

Q = Vazão máxima diária (m³/s);

Hman = Altura manométrica total (m);

n = Rendimento da bomba (%);

FS = Fator de serviço.

Nos **Quadros 2.3A** e **2.3B** são apresentados os dimensionamentos dos conjuntos motobomba, assim como, suas características operacionais, para as situações de nível máximo e mínimo no reservatório, respectivamente.

QUADRO 2.3A – DIMENSIONAMENTO DAS BOMBAS DA EEAB

NÍVEL MÁXIMO NO RESERVATÓRIO

VAZÃO TOTAL (L/s)	33,60
NÚMERO DE BOMBAS	1
VAZÃO POR BOMBA (L/s)	33,60
CÁLCULO DA ALTURA MANOMÉTRICA (Hman)	
SUCÇÃO	
Desnível geométrico (m)	0,80
Perdas em tocos e conexões (m)	0,40
Altura vacuométrica (m)	1,20
RECALQUE	
Perdas no barrilete (m)	1,40
Carga na saída da adutora (m)	14,05
Altura manométrica (m)	15,46
Total(m)	16,65
Altura manométrica (m.c.a)*	19,65
CARACTERÍSTICA DA BOMBA ADOTADA	
Tipo	Centrífuga
Vazão unitária (L/s)	33,60
Altura manométrica adotada(m.c.a)	20,00
Rendimento (%)	84
Potência do motor calculada (CV)	10,59
NPSH disponível (m)	8,12
NPSH requerido (m)	2,50
Rotor (mm)	257
Modelo da bomba	KSB MEGANORM 100-250
CARACTERÍSTICA DO MOTOR	
Potência do motor adotada (CV)	20
RPM	1429
POLO	IV

* Corresponde ao total mais 10%, tendo como limite, no mínimo 3,0m e no máximo 5,0 m

QUADRO 2.3B – DIMENSIONAMENTO DAS BOMBAS DA EEAB

NÍVEL MÍNIMO NO RESERVATÓRIO

VAZÃO TOTAL (L/s)	33,60
NÚMERO DE BOMBAS	1
VAZÃO POR BOMBA (L/s)	33,60
CÁLCULO DA ALTURA MANOMÉTRICA (H _{man})	
SUCÇÃO	
Desnível geométrico (m)	0,80
Perdas em tocos e conexões (m)	0,40
Altura vacuométrica (m)	1,20
RECALQUE	
Perdas no barrilete (m)	1,40
Carga na saída da adutora (m)	24,05
Altura manométrica (m)	25,45
Total(m)	26,65
Altura manométrica (m.c.a)*	29,65
CARACTERÍSTICA DA BOMBA ADOTADA	
Tipo	Centrífuga
Vazão unitária (L/s)	33,60
Altura manométrica adotada(m.c.a)	30,00
Rendimento (%)	76
Potência do motor calculada (CV)	19,45
NPSH disponível (m)	8,12
NPSH requerido (m)	2,50
Rotor (mm)	257
Modelo da bomba	KSB MEGANORM 100-250
CARACTERÍSTICA DO MOTOR	
Potência do motor adotada (CV)	20
RPM	1750
POLO	IV

* Corresponde ao total mais 10%, tendo como limite, no mínimo 3,0m e no máximo 5,0 m

O gráfico das cotas piezométricas é visto na **Figura 2.1**.

FIGURA 2-1.DWG

2.1.2.3 – Curva da Bomba x Curva do Sistema

Para demonstrar a compatibilidade do equipamento de bombeamento indicado com as características operacionais do sistema, elaborou-se o gráfico Curva da Bomba x Curva do Sistema, conforme se mostra em seguida.

Curva da Bomba (Dados)

Q (m³/h)	H (m)
0	31,50
20	31,50
40	31,45
60	31,37
80	31,25
100	31,00
120	30,20
140	29,25
160	28,00
180	26,62

Curva do Sistema

$$H_{man} = H_0 + kQ^2$$

Característica do sistema

$$k = \frac{H_{man} - H_0}{Q^2}$$

$$k = \frac{30 - 22,50}{(120,96)^2} \therefore k = 0,0005126$$

$H_{man} = 30,0 \text{ m}$
$H_0 = 22,50 \text{ m}$
$Q = 120,96 \text{ m}^3/\text{h}$

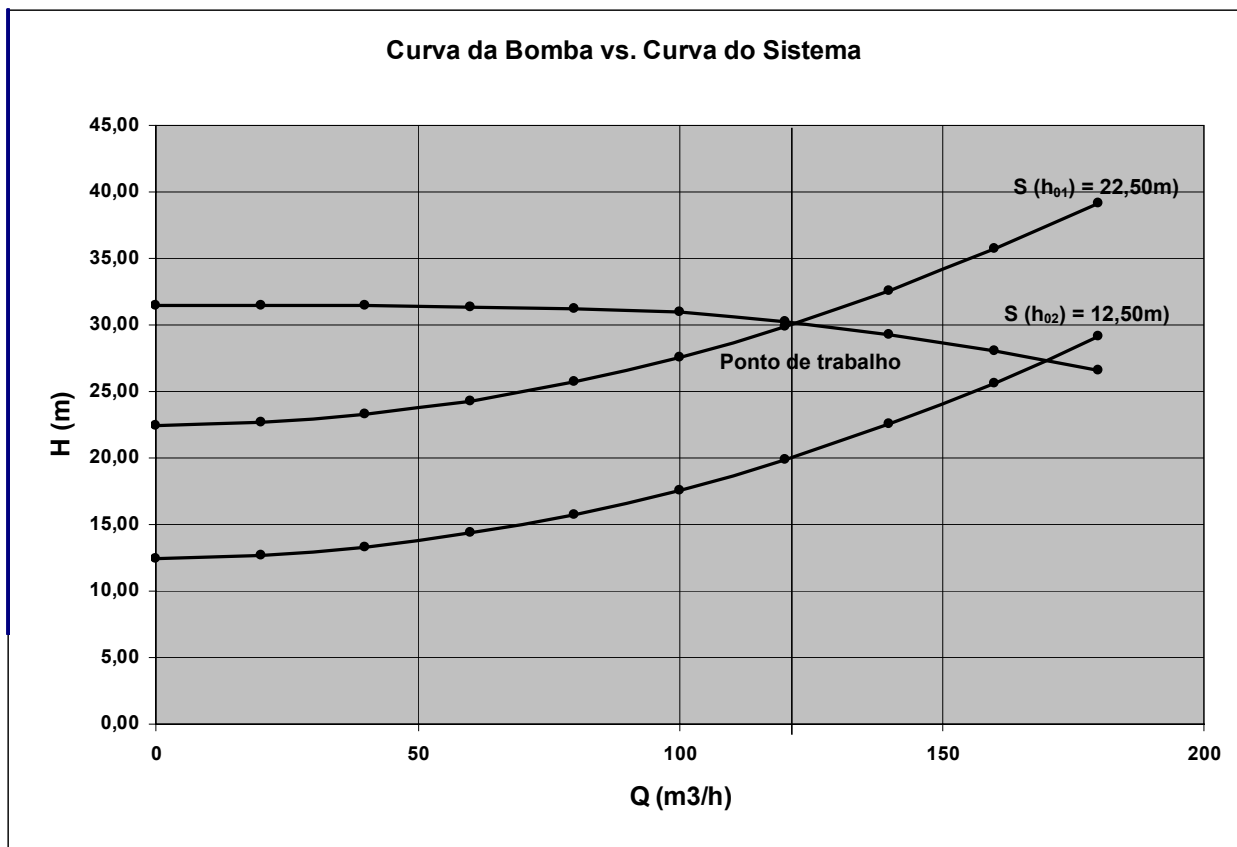
Curva do Sistema p/ h_{01} (NA mínimo) = 22,50

Q (m³/h)	H (m)
0	22,50
20	22,70
40	23,32
60	24,32
80	25,72
100	27,62
120	29,88
140	32,54

Q (m³/h)	H (m)
160	35,68
180	39,11

Curva do Sistema p/ h_{02} (NA máximo) = 12,50

Q (m³/h)	H (m)
0	12,50
20	12,70
40	13,32
60	14,34
80	15,78
100	17,62
120	19,88
140	22,55
160	25,62
180	29,10



Entre o nível mínimo e o nível máximo de operação do reservatório, a acomodação do ponto de trabalho da bomba em relação à curva do sistema, far-se-á por meio de inversor de frequência; a ação do qual exercendo controle sobre a velocidade do rotor ($w=2\pi f$), possibilita a manutenção da vazão requerida, não obstante a variação da altura manométrica, no decurso da ascensão e decesso do plano d'água na bacia hidráulica.

2.1.2.4 – Cavitação

Verificação das condições de operação das bombas em relação à ocorrência de cavitação.

Condição I

$$\text{N.P.S.H. (d)} \geq \text{N.P.S.H. (r)} + 0,50$$

Condição II

$$\text{N.P.S.H. (d)} \geq \text{N.P.S.H. (r)} \times 1,20$$

O cálculo do N.P.S.H.(d) foi feito a partir da seguinte expressão:

$$\text{N.P.S.H.(d)} = \pm Z + \left[\frac{P_a - P_v}{\gamma} \right] - h_s$$

Conforme dados contidos no **Quadro 2.2**:

$$\text{NPSH(d)} = 8,12 \text{ m}$$

$$\text{NPSH(r)} = 2,00 \text{ m}$$

Então,

Verificação quanto as condições operacionais

$$8,12 > 2,00 + 0,50 = 2,50$$

$$8,12 > 2,00 \times 1,20 = 2,40$$

Conclui-se portanto que, para as condições de operação propostas, não haverá problema quanto a cavitação.

Z = altura de sucção Pa = pressão atmosférica Pv = pressão de vapor y = peso específico da água hs = perda de carga na sucção

2.2 – ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA (EEAT)

2.2.1 – Dimensionamento dos Conjuntos Motobomba

2.2.1.1 – Altura Manométrica Total: Hman

– Dados para Dimensionamento

Vazão da 1ª etapa.....33,60 L/s (2016)

Vazão da 2ª etapa.....33,60 L/s (2026)

Vazão da 3ª etapa.....33,60 L/s (2036)

N.º de bombas.....2(duas): Uma ativa e uma reserva

Tubulação de recalque (ETA → RA em Ipueiras)

Material.....PVC

Diâmetro nominal.....200 mm

Comprimento6.164,10 m

Pressão de Serviço.....1 MPa

Cota do terreno natural na ETA.....269,00

Carga necessária no Reservatório Apoiado (RA) de: Ipueiras. 3,10

Cota do terreno natural no RA.....269,00

Altura de sucção (Hs)

Perdas de carga na sucção (Hfs) e no barrilete (Hfb)

Perda de carga no recalque (Hfr)

Diferença geométrica (Dg)

Pressão necessária no início da adutora (PI)..... $PI=Hfr+Dg$

– Perda de carga distribuída (h_d)

As perdas de carga distribuídas (h_d) do sistema foram determinadas com emprego da Fórmula Universal, com fator de atrito calculado pela fórmula de Colebrook, ambas mencionadas e visualizadas no item 2.1.2.1. No **Quadro 2.4**

apresentam-se as perdas de carga ao longo da adutora, assim como, o desnível geométrico e a pressão necessária no início da mesma.

- Perda de carga localizada (h_l)

Para o cálculo das perdas de carga localizadas (h_l) do sistema foi utilizada a seguinte expressão:

$$h_l = k \times \frac{V^2}{2g}$$

Arquivo Quadros.xls – Quadro 2.4

O **Quadro 2.5** apresenta os respectivos valores de h_l e h_d , referentes à sucção e ao barrilete das bombas da EEAT.

- Determinação da Altura Manométrica (H_{man})

Para o cálculo da altura manométrica foi utilizada a seguinte expressão:

$$H_{man} = H_s + H_{fs} + H_{fb} + P_l$$

QUADRO 2.5 – Perdas de Carga distribuídas e localizadas da EEAT

PEÇA	K	D (mm)	Q (l/s)	V (m/s)	H _f (m)
Crivo	0,75	200	33,60	1,07	0,10
Toco L=0,70m		200	33,60	1,07	0,10
Registro de gaveta	0,20	200	33,60	1,07	0,10
Redução excêntrica	0,15	150	33,60	1,90	0,10
Total na sucção					0,40
Redução normal	0,30	100	33,60	4,28	0,30
Curvas de 90°	0,40	200	33,60	1,07	0,10
Junta de desmonte		200	33,60	1,07	0,10
Curvas de 90°	0,40	200	33,60	1,07	0,10
Toco L=1,50m		200	33,60	1,07	0,10
Curvas de 90°	0,40	200	33,60	1,07	0,10
Válvula de retenção	2,50	200	33,60	1,07	0,20
Registro de gaveta	0,20	200	33,60	1,07	0,10
Toco L=2,00m		200	33,60	1,07	0,10
Curva de 90°	0,30	200	33,60	1,07	0,10
Redução 200x150	0,30	150	33,60	1,90	0,10
Toco L=5,0m		150	33,60	1,90	0,12
Válvula de macromedição	2,50	150	33,60	1,90	0,50
Registro de gaveta	0,20	150	33,60	1,90	0,10
Total no barrilete					2,12

2.2.1.2 – Potência dos Motores

A potência dos conjuntos motobomba foi calculada pela fórmula:

$$P = \frac{\gamma \times Q \times H_{man}}{75 \times \eta} \times FS$$

Onde:

P = Potência (CV);

γ = Peso específico da água (1000kgf/cm³);

Q = Vazão máxima diária (m³/s);

Hman = Altura manométrica (m);

n = Rendimento da bomba (%);

FS = Fator de serviço.

O **Quadro 2.6** apresenta o dimensionamento dos conjuntos motobomba, assim como, suas características operacionais.

QUADRO 2.6 – DIMENSIONAMENTO DAS BOMBAS DA EAT

VAZÃO TOTAL(L/s)	33,60
NÚMERO DE BOMBAS	1
VAZÃO POR BOMBA(L/s)	33,60
CÁLCULO DA ALTURA MANOMÉTRICA (Hman)	
SUCÇÃO	
Desnível geométrico(m)	0,00
Perdas em tocos e conexões(m)	0,40
Altura vacuométrica(m)	0,40
RECALQUE	
Perdas no barrilete(m)	2,12
Carga na saída da adutora (m)	31,17
Altura manométrica(m)	33,29
Total(m)	33,69
Altura manométrica (m.c.a)*	37,06
CARACTERÍSTICA DA BOMBA ADOTADA	
Tipo	Centrífuga
Vazão unitária(L/s)	33,60
Altura manométrica adotada(m.c.a)	38
Rendimento (%)	71
Potência do motor calculada(CV)	26,38
NPSH disponível(m)	8,92
NPSH requerido(m)	2,25
Rotor (mm)	293
Modelo da bomba	KSB MEGANORM 80-315
CARACTERÍSTICA DO MOTOR	
Potência do motor adotada(CV)	30
RPM	1750
POLO	IV

* Corresponde ao total mais 10%, tendo como limite, no mínimo 3,0m e no máximo 5,0 m

A **Figura 2.2** mostra o gráfico das cotas piezométricas.

FIGURA 2.2 (Cota Piezometrica)
ARQUIVO – FIGURA 2-2.DWG

2.2.1.3 – Curva da bomba x curva do sistema

Tendo em vista demonstrar a adequação do equipamento de bombeamento indicado com as características operacionais do sistema, procedeu-se ao traçado Curva da Bomba versus Curva do Sistema, conforme se mostra a seguir.

Curva da Bomba (Dados)

Q (m³/h)	H (m)
0	45,62
20	45,62
40	45,12
60	44,87
80	43,75
100	42,12
120	40,20
140	38,25
160	36,12

Curva do Sistema

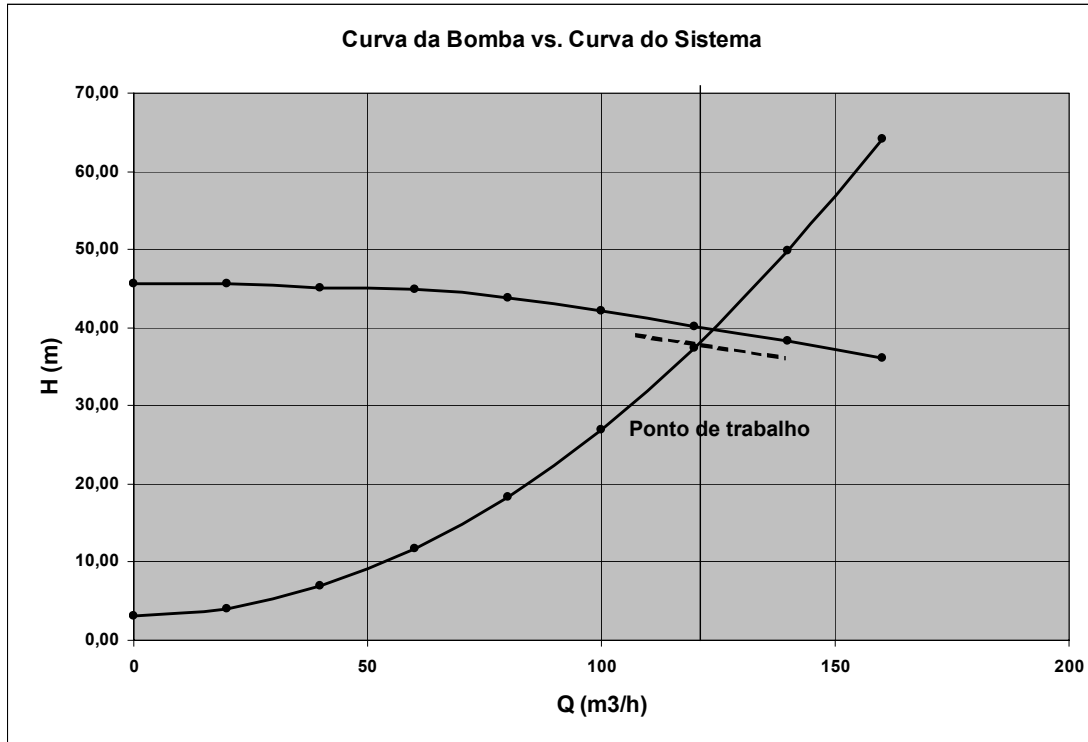
Característica do sistema (k)

$$k = \frac{H_{man} - H_0}{Q^2}$$

$$k = \frac{38 - 3,10}{(120,96)^2} \therefore k = 0,0023853$$

H _{man} = 38,0 m
H ₀ = 3,10 m
Q = 120,96 m³/h

Q (m³/h)	H (m)
0	3,10
20	4,05
40	6,92
60	11,69
80	18,37
100	26,95
120	37,45
140	49,85
160	64,16



2.3 – ADUÇÃO

2.3.1 – Estudo do Diâmetro Econômico da Tubulação Adutora de Água Tratada

Critérios adotados

No dimensionamento preliminar do sistema foi realizada uma avaliação do diâmetro econômico, ou seja, para idênticos valores de vazão, comprimento e desnível geométrico, determinou-se o diâmetro que corresponde ao menor custo final de investimento (implantação) e operação (gastos de energia e manutenção). O custo de investimento refere-se apenas à aquisição e implantação da tubulação, não sendo considerado o custo referente às unidades de bombeamento, vez que este é diminuto quando comparado ao da tubulação.

O número anual de horas de funcionamento do sistema foi obtido a partir da relação entre a vazão média do ano de interesse e a vazão máxima diária do ano 2036 (final do plano), coeficiente este multiplicado por 7.300 horas (total anual).

Foram feitas 04 (quatro) simulações com diâmetros distintos, tendo como referência, para adoção do diâmetro indicado, a fórmula de Bresse, ou seja:

$$D(m) = 1,2 Q^{1/2} \text{ (m}^3/\text{s)}$$

Vale ressaltar que, para maior precisão dos resultados, utilizou-se o diâmetro interno dos tubos, conforme se observa no resumo constante do **Anexo 1**.

Metodologia e Parâmetros de Dimensionamento

A metodologia e os parâmetros utilizados nos cálculos das simulações são apresentados a seguir:

Ano de início do projeto.....2006

Ano final do projeto.....2036

Tarifa de consumo (tc).....0,18643 R\$/kWh*

Tarifa de demanda (td).....12,16 R\$/kWmês*

Tarifas fixadas pela resolução ANEEL N° 112, de 20/04/2004, com aplicação a partir do dia 22/04/2004 com ICMS de 27,0%

Taxa de juros (tx).....12% a.a

Horas de funcionamento diário do sistema.....20 h/dia

Rendimento dos conjuntos motobomba.....70%

Vazão de recalque da 1ª Etapa.....Q (2016)

Vazão de recalque da 2ª Etapa.....Q (2026)

Vazão de recalque da 3ª Etapa.....Q (2036)

Diâmetro (fórmula Bresse - Q(2036)).....D (mm)

Material da tubulação.....PVC

As perdas de carga foram calculadas pela Fórmula Universal, com fator de atrito (f) de Colebrook, conforme apresentado no item 2.1.2.1.

Nas simulações efetuadas a potência consumida foi calculada pela seguinte expressão:

$$PB = \frac{\gamma \times Q \times H_{man}}{75 \times \eta} \times FS \times 0,736$$

Onde:

PB = Potência consumida pelo sistema (kW);

γ = Peso específico da água (1000 kgf/m³);

Q = Vazão máxima diária (m^3/s);

Hman = Altura manométrica total (m);

n = Rendimento da bomba (70%);

FS = Fator de serviço.

Simulações

– Dados:

Adutora de Água Tratada - AAT

– Extensão.....6.164,10 m

– Vazão máxima diária da 1ª, 2ª e 3ª Etapas (Qmax. Diária).....33,60 L/s

– Diâmetro (Fórmula de Bresse : $K=1,20$).....0,220 m

– Resultados

Conforme mencionado anteriormente, foram estudados 04 (quatro) diâmetros, tendo como termo de comparação o valor do diâmetro encontrado pela fórmula de Bresse. Os diâmetros simulados foram os de 150, 200, 250 e 300 mm. Os custos considerados foram os referentes a investimento e energia (consumo e demanda). Os custos referentes a esta última foram considerados num período de 30 anos. Os custos totais apresentam-se a seguir, no valor presente, calculados com taxa de 12% a.a.

– DN 150..... R\$ 955.607,67

– DN 200 R\$ 651.943,37

– DN 250 R\$ 788.994,19

– DN 300 R\$ 1.038.041,30

Face aos resultados obtidos, adotou-se o diâmetro de 200 mm.

As planilhas de cálculo com resumo e resultado são apresentadas no Anexo 1

2.3.2 – Blocos de Ancoragem

Procedeu-se ao cálculo da ancoragem da adutora considerando:

- Valor do empuxo (E), dado por:

$$E = 2 S P \operatorname{sen} \frac{\theta}{2}, \text{ onde:}$$

onde: E : Empuxo Hidráulico, Kg;

S : Seção da tubulação em cm²;

P : Pressão interna em kg/cm²;

θ : Ângulo da curva.

- Área de contato (A) do bloco com o solo.

$$A = \frac{E}{\sigma_{\text{adm}}},$$

onde: A: área de contato, cm²;

E: Empuxo Hidráulico, Kg;

σ_{adm} : taxa admissível do terreno, Kg/cm²;

As dimensões dos blocos de ancoragem para cada conexão da adutora, constam da planta nº I-2-JA-AD-IP-17/37-R2.

2.3.3 – Movimento de Terra

No sistema adutor a tubulação será assentada numa vala de dimensões médias – profundidade de 1,00 m e largura de 0,80 m – sobre camada de 0,10 m de areia fina, quando a escavação for em material de 2ª e 3ª categoria.

Os volumes de material a escavar foram estimados com base na investigação geotécnica, procedida a pá e picareta, ao longo do eixo da adutora, estando os valores obtidos, por categoria e respectivo percentual, apresentados no quadro abaixo:

Categoria	Volume (m ³)	%
1ª	1.036,0	20
2ª	3.629,0	70
3ª	518,0	10
Areia fina	495,0	

2.3.4 – Transiente Hidráulico e Equipamento de proteção

O estudo de transiente hidráulico, para as adutoras de água bruta e água tratada, foi realizado em computador, com auxílio do software denominado Ctran, versão 7.0.2 da Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica, de São Paulo – SP. O evento considerado foi a ocorrência de transiente, motivado por paralisação do equipamento de bombeamento, por corte de energia elétrica.

No estudo desenvolvido para o sistema EEAB-AAB foram efetuadas três simulações, a primeira sem dispositivo de proteção e as demais considerando dois dispositivos, isto é, chaminé de equilíbrio e válvula de controle automático.

Na simulação com chaminé de equilíbrio, admitiu-se o posicionamento dessa estrutura, com diâmetro interno de 2,00m, na 13+10,39m do caminhamento flutuante -> câmara de carga da ETA.

Na simulação com válvula de controle automático, esta foi posicionada junto à conexão barrilete da EEAB x tubulação AAB, isto é, sobre a plataforma flutuante.

Foi considerada uma válvula antecipadora de onda de 4" de diâmetro, tipo Bermad, modelo 735 M.

Nos gráficos e quadros, vistos a seguir, são apresentados os resultados das simulações efetuadas.

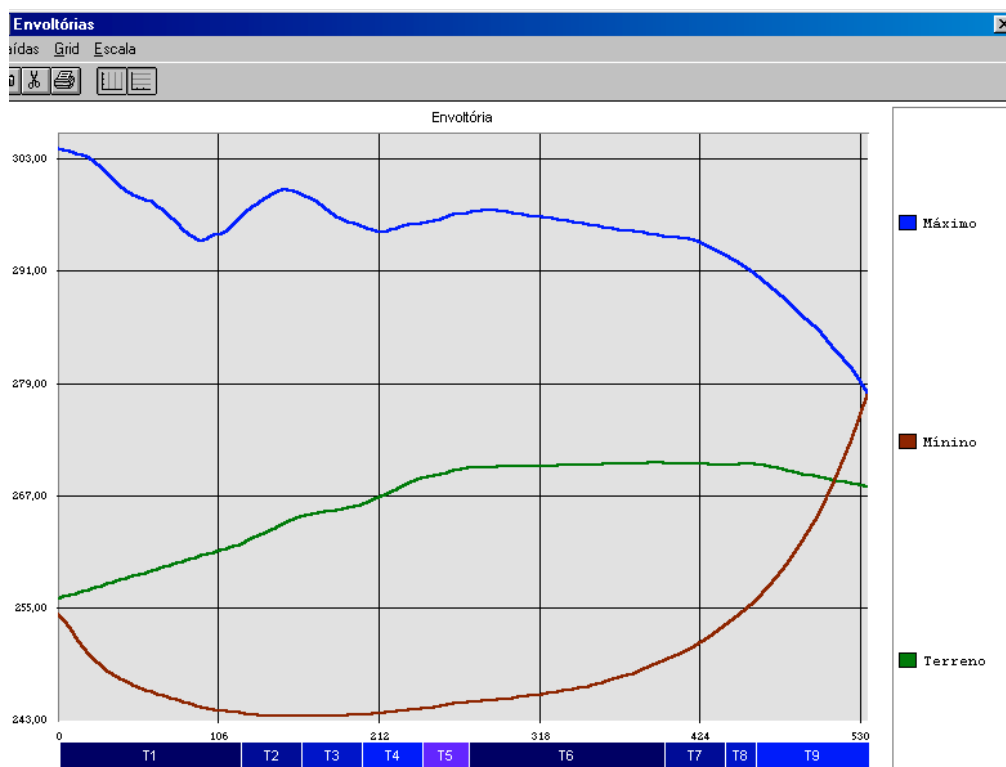
2.3.4.1 – Sistema EEAB-AAB: Sem proteção

TRANSIENTE SEM PROTEÇÃO

NÓ	COMPRIMENTO (M)		COTAS (M)			CARGA (M)	
	ENTRE NÓ	NO NÓ	MÁXIMA	MÍNIMA	TN	MÁXIMA*	TUBULAÇÃO**
0	0,00	0,00	304,09	254,31	256,00	48,09	80
1	120,00	120,00	296,63	243,84	261,80	34,83	80
2	40,00	160,00	299,24	243,47	264,80	34,44	80
3	40,00	200,00	295,88	243,62	266,00	29,88	80
4	40,00	240,00	296,18	244,25	268,90	27,28	80
5	30,39	270,39	297,24	245,01	270,00	27,24	100
6	129,61	400,00	294,78	249,34	271,55	23,23	100
7	40,00	440,00	292,77	253,03	271,30	21,47	100
8	20,00	460,00	290,79	255,74	271,43	19,36	100
9	74,56	534,56	278,00	278,00	269,00	9,00	100

* Carga máxima do sistema

** Carga máxima de serviço da tubulação



Dado que a envoltória das cotas piezométricas mínimas se situa bem abaixo da linha do terreno natural, constata-se a necessidade de instalar dispositivo de proteção na linha adutora.

2.3.4.2 – Sistema EEAB-AAB: Com proteção

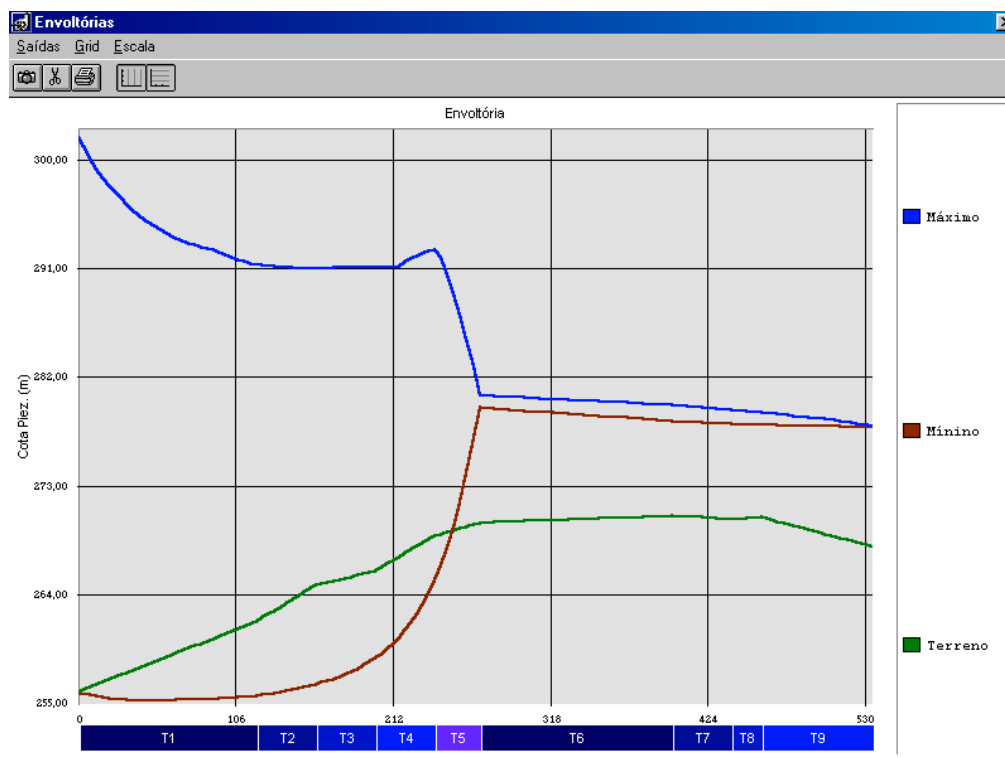
CHAMINÉ DE EQUILÍBRIO NA ESTACA 13+10,39m

TRANSIENTE COM CHAMINÉ DE EQUILÍBRIO

NÓ	COMPRIMENTO (M)		COTAS (M)			CARGA (M)	
	ENTRE NÓ	NO NÓ	MÁXIMA	MÍNIMA	TN	MÁXIMA*	TUBULAÇÃO**
0	0,00	0,00	301,81	255,86	256,00	45,81	80
1	120,00	120,00	291,34	255,67	261,80	29,54	80
2	40,00	160,00	291,03	256,65	264,80	26,23	80
3	40,00	200,00	291,09	258,78	266,00	25,09	80
4	40,00	240,00	292,60	265,22	268,90	23,70	80
5	30,39	270,39	280,53	279,55	270,00	10,53	100
6	129,61	400,00	279,72	278,40	271,55	8,17	100
7	40,00	440,00	279,33	278,18	271,30	8,03	100
8	20,00	460,00	279,10	278,08	271,43	7,67	100
9	74,56	534,56	278,00	278,00	269,00	9,00	100

* Carga máxima do sistema

** Carga máxima de serviço da tubulação



O resultado da simulação com uma chaminé de equilíbrio, de 2,0m de diâmetro interno, localizada na estaca 13+10,39 m, mostra que a envoltória das cotas piezométricas mínimas corta o perfil do terreno natural, desde o início da linha adutora até as proximidades da citada estaca, sem, contudo, ocasionar pressões negativas que invalidem a utilização do dispositivo de proteção cogitado.

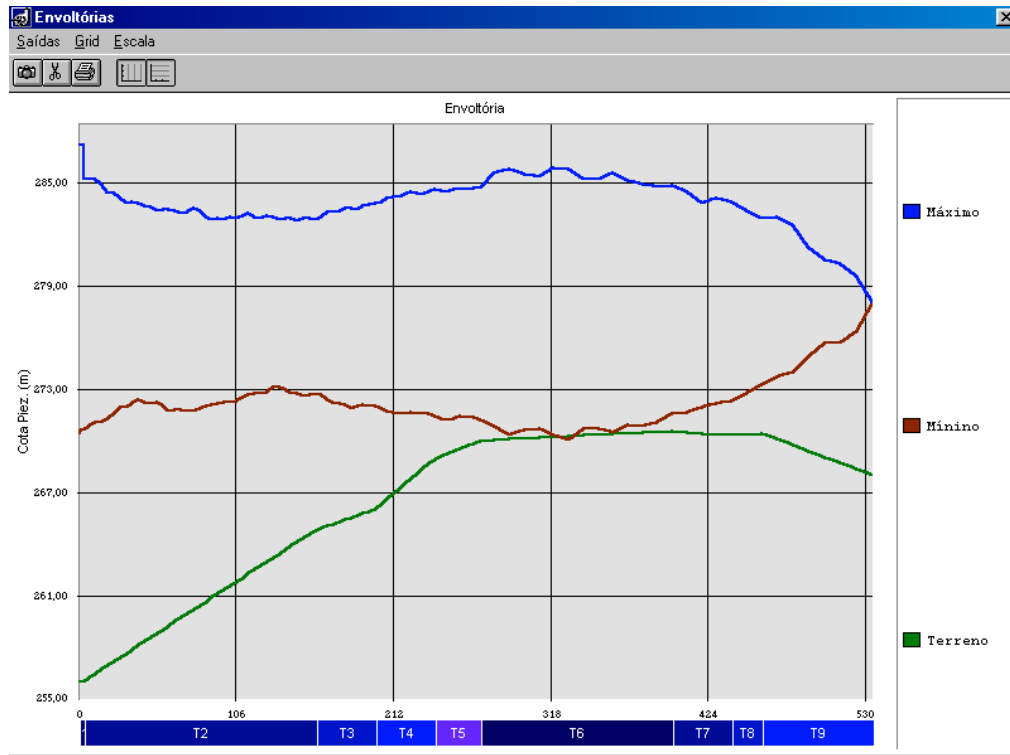
VÁLVULA NO BARRILETE DA EEAB

TRANSIENTE COM VÁLVULA ANTECIPADORA DE ONDA NO FLUTUANTE

Nº	COMPRIMENTO (M)		COTAS (M)			CARGA (M)	
	ENTRE Nº	NO Nº	MÁXIMA	MÍNIMA	TN	MÁXIMA*	TUBULAÇÃO**
0	0,00	0,00	287,19	270,58	256,00	31,19	80
1	3,50	3,50	287,19	270,62	261,80	25,39	80
2	156,50	160,00	282,84	272,70	264,80	18,04	80
3	40,00	200,00	283,77	272,00	266,00	17,77	80
4	40,00	240,00	284,58	271,42	268,90	15,68	80
5	30,39	270,39	284,64	271,21	270,00	14,64	100
6	129,61	400,00	284,78	271,54	271,55	13,23	100
7	40,00	440,00	283,87	272,32	271,30	12,57	100
8	20,00	460,00	282,94	273,23	271,43	11,51	100
9	74,56	534,56	278,00	278,00	269,00	9,00	100

* Carga máxima do sistema

** Carga máxima de serviço da tubulação



A localização de uma válvula antecipadora de onda de onda de 4" de diâmetro, tipo Bermad, no barrilete da EEAB resulta na solução do problema de maneira mais satisfatória.

Conclusão: Opta-se pelo emprego do dispositivo, por último mencionado, com acoplamento no barrilete da EEAB, por ser uma solução satisfatória, além de mais econômica em relação àquela propiciada pela chaminé.

2.3.4.3 – Sistema EEAT-AAT: Sem proteção

De acordo com o resultado obtido para a adutora de água tratada, consideradas as condições de operação propostas para o sistema, poderá este funcionar sem dispositivo de proteção no tocante a efeitos danosos decorrentes da ação de transiente hidráulico; conforme pode ser visualizado no Quadro e na Figura mostrados abaixo, com o auxílio dos quais pode-se verificar que:

De acordo com o valor da cota piezométrica máxima a pressão interna na tubulação se situa bem abaixo da pressão de serviço da tubulação indicada no projeto, PVC, DEFOFO, 1 Mpa;

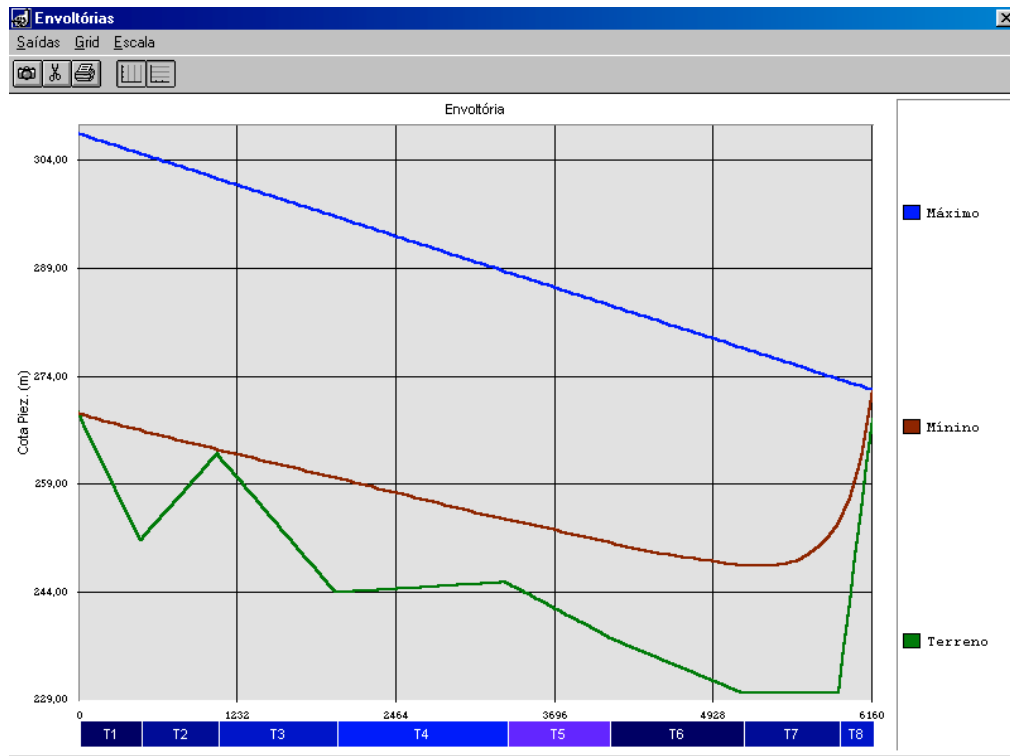
A linha piezométrica mínima não corta, em nenhum ponto, o perfil do terreno natural.

TRANSIENTE SEM PROTEÇÃO

NÓ	COMPRIMENTO (M)		COTAS (M)			CARGA (M)	
	ENTRE NÓ	NO NÓ	MÁXIMA	MÍNIMA	TN	MÁXIMA*	TUBULAÇÃO**
1	0,00	0,00	307,76	268,84	269,00	38,76	100
2	480,70	480,70	304,98	266,49	252,14	52,84	100
3	600,00	1.080,70	301,52	263,84	264,23	37,29	100
4	920,00	2.000,70	296,18	259,91	244,93	51,25	100
5	1.320,00	3.320,70	288,54	254,11	246,35	42,19	100
6	800,00	4.120,70	283,92	250,89	238,74	45,18	100
7	1.040,00	5.160,70	277,94	247,72	230,98	46,96	100
8	740,00	5.900,70	273,64	253,63	230,94	42,70	100
9	263,40	6.164,10	272,10	272,10	269,00	3,10	100

* Carga máxima do sistema

** Carga máxima de serviço da tubulação



2.3.4.4 – Interligação Reservatório Apoiado Projetado → Reservatório Elevado Existente

1) Considerações

Para a interligação entre o reservatório apoiado (RAP) proposto e o reservatório elevado (REL) existente, dimensionou-se uma tubulação de diâmetro nominal (DN) 150 mm, em PVC, DEFOFO, com extensão de 419,03 m.

Na determinação do diâmetro do tubo considerou-se a vazão total do sistema no horizonte do projeto, que é de 33,6 l/s e a diferença de nível geométrico entre o ponto onde será construído o RAP e o ponto onde se situa o Rel existente, este último 34,79 m abaixo do primeiro, em relação ao terreno natural.

Cotas do terreno natural, níveis máximos da água nos reservatórios e carga hidráulica sobre o solo, nos pontos considerados, são vistos no **quadro 2.7** a seguir.

QUADRO 2.7 – Informações de cotas, níveis e cargas do RAP e REL

RESERVATÓRIO	Cota TN (m)	Carga (m)	N.A.Máximo (m)
Apoiado(RAP)	269,00	3,10	272,10
Elevado(Exist.)	234,21	18,00	252,21

2) Dimensionamento

Cotas Piezométricas e Perda de Carga na Tubulação (h_{fa})

ADUTORA DE INTERLIGAÇÃO ENTRE RAP PROJETADO E REL EXISTENTE

SITUAÇÃO: RAP NO NÍVEL MÁXIMO

MATERIAL	ESTACA			TN	ESTACA			TN	DIST. (m)	VAZÃO (L/s)	DIAM. NOMINAL (mm)	DIAM. INT. (mm)	VEL. (m/s)	PERDA CARGA UNIT.(m)	PERDA CARGA TOTAL(m)	DESN. (m)	COTA		CARGA	
	-3	+	15,80		269,000	-2	+										0,00	258,450	35,80	33,60
PVC	-2	+	0,00	258,450	0	+	0,00	250,776	40,00	33,60	150	156,4	1,75	0,017876	0,715	-7,67	271,46	270,75	13,01	19,97
	0	+	0,00	250,776	1	+	0,00	247,614	20,00	33,60	150	156,4	1,75	0,017876	0,358	-3,16	270,75	270,39	19,97	22,77
	1	+	0,00	247,614	3	+	0,00	242,528	40,00	33,60	150	156,4	1,75	0,017876	0,715	-5,09	270,39	269,67	22,77	27,15
	3	+	0,00	242,528	5	+	0,00	236,250	40,00	33,60	150	156,4	1,75	0,017876	0,715	-6,28	269,67	268,96	27,15	32,71
	5	+	0,00	236,250	7	+	0,00	234,709	40,00	33,60	150	156,4	1,75	0,017876	0,715	-1,54	268,96	268,24	32,71	33,53
	7	+	0,00	234,709	9	+	0,00	234,812	40,00	33,60	150	156,4	1,75	0,017876	0,715	0,10	268,24	267,53	33,53	32,72
	9	+	0,00	234,812	11	+	0,00	234,133	40,00	33,60	150	156,4	1,75	0,017876	0,715	-0,68	267,53	266,81	32,72	32,68
	11	+	0,00	234,133	13	+	0,00	232,697	40,00	33,60	150	156,4	1,75	0,017876	0,715	-1,44	266,81	266,10	32,68	33,40
	13	+	0,00	232,697	15	+	0,00	232,565	40,00	33,60	150	156,4	1,75	0,017876	0,715	-0,13	266,10	265,38	33,40	32,82
	15	+	0,00	232,565	17	+	0,00	234,063	40,00	33,60	150	156,4	1,75	0,017876	0,715	1,50	265,38	264,67	32,82	30,61
	17	+	0,00	234,063	17	+	3,23	234,211	3,23	33,60	150	156,4	1,75	0,017876	0,058	0,15	264,67	264,61	30,61	30,40
TOTAL									419,03					7,49	-34,79					

ADUTORA DE INTERLIGAÇÃO ENTRE RAP PROJETADO E REL EXISTENTE

SITUAÇÃO: RAP NO NÍVEL MÍNIMO

MATERIAL	ESTACA			TN	ESTACA			TN	DIST. (m)	VAZÃO (L/s)	DIAM. NOMINAL (mm)	DIAM. INT. (mm)	VEL. (m/s)	PERDA CARGA UNIT.(m)	PERDA CARGA TOTAL(m)	DESN. (m)	COTA		CARGA		
	-	+	15,80		-	+	0,00										INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	
																					269,000
PVC	-2	+	0,00	258,450	0	+	0,00	250,776	40,00	33,60	150	156,4	1,75	0,017876	0,715	-7,67	268,36	267,65	9,91	16,87	
	0	+	0,00	250,776	1	+	0,00	247,614	20,00	33,60	150	156,4	1,75	0,017876	0,358	-3,16	267,65	267,29	16,87	19,67	
	1	+	0,00	247,614	3	+	0,00	242,528	40,00	33,60	150	156,4	1,75	0,017876	0,715	-5,09	267,29	266,57	19,67	24,05	
	3	+	0,00	242,528	5	+	0,00	236,250	40,00	33,60	150	156,4	1,75	0,017876	0,715	-6,28	266,57	265,86	24,05	29,61	
	5	+	0,00	236,250	7	+	0,00	234,709	40,00	33,60	150	156,4	1,75	0,017876	0,715	-1,54	265,86	265,14	29,61	30,43	
	7	+	0,00	234,709	9	+	0,00	234,812	40,00	33,60	150	156,4	1,75	0,017876	0,715	0,10	265,14	264,43	30,43	29,62	
	9	+	0,00	234,812	11	+	0,00	234,133	40,00	33,60	150	156,4	1,75	0,017876	0,715	-0,68	264,43	263,71	29,62	29,58	
	11	+	0,00	234,133	13	+	0,00	232,697	40,00	33,60	150	156,4	1,75	0,017876	0,715	-1,44	263,71	263,00	29,58	30,30	
	13	+	0,00	232,697	15	+	0,00	232,565	40,00	33,60	150	156,4	1,75	0,017876	0,715	-0,13	263,00	262,28	30,30	29,72	
	15	+	0,00	232,565	17	+	0,00	234,063	40,00	33,60	150	156,4	1,75	0,017876	0,715	1,50	262,28	261,57	29,72	27,51	
	17	+	0,00	234,063	17	+	3,23	234,211	3,23	33,60	150	156,4	1,75	0,017876	0,058	0,15	261,57	261,51	27,51	27,30	
	TOTAL									419,03					7,49			-34,79			

hfa=7,49 m

b) Perda de carga nas Conexões (hfc)

Derivação do RAP

Item	Peça	DN(mm)/L(m)	Quantidade	L. eq. (m)
16	Extr.PontaFlange	150 / 0,70	1	0,70
17	Reg.Gav.Chato	150	2	2,20
18	Toco c/ Flanges	150 / 0,25	2	0,50
19	Junta Desmont.	150	1	0,00
21	Toco c/ Flanges	150 / 0,50	1	0,50
22	Tê c/ Flanges	150	1	10,00
29	Tubo c/ Flanges	150 / 1,00	1	1,00
30	Curva 45°	150	1	1,10
31	TuboPonta/Flange	150 / 1,00	1	1,00
32	Curva45°c/bolsas	150	1	1,10

Sub-total 1 17,10

Conexão com o REL

Item	Peça	DN(mm)/L(m)	Qte.	l.eq. (m)
E8	Curva45°c/bolsas	150	2	1,10
E9	TuboPonta/Flange	150 / 0,87	1	0,87

Sub-total 2 1,97

Sub-total 1 + Sub-total 2 = 19,07

$$h_{fc} = 10,64 \left(\frac{0,0336}{140} \right)^{1,85} \cdot (0,1564)^{-4,87} \cdot 19,07$$

$$h_{fc} = 0,34 \text{ m}$$

c) Perda de Carga no Macro-medidor (h_{fm}): nº 20 (Quadro Equip. Hidro-Mec.)

Para, Ø: 150 mm

$$Q=120,96 \text{ m}^3/\text{h}, \text{ tem-se } h_{fm}=1,47 \text{ mca} \text{ (Ver gráfico ANEXO 4)}$$

Perda de carga total (h_{ft})

$$h_{ft}=h_{fa}+h_{fc}+h_{fm}$$

$$h_{ft}=7,49+0,34+1,47$$

$$h_{ft}=9,30 \text{ m}$$

Carga Hidrodinâmica Mínima Excedente (Δh_d)

$$\Delta h_d = \text{Cota TN RAP} - (\text{Cota TN REL} + \text{Alt. REL} + h_{ft})$$

$$\Delta h_d = 269,00 - (234,21 + 18,00 + 9,30)$$

$$\Delta h_d = 7,49 \text{ m}$$

Obs.: A utilização de tubo de diâmetro imediatamente inferior, isto é, o de 100 mm, resulta em perda de carga superior à carga disponível para que o escoamento se processe por gravidade. Na **Figura 2.3** apresentam-se as linhas piezométricas correspondentes a situações de NA máximo e NA mínimo.

FIGURA 2.3

3) Transiente Hidráulico

Como o escoamento é gravitativo e a operação de válvulas de controle (registros) é manual, o problema que poderia se apresentar seria o da sobre-pressão decorrente de manobra de fechamento rápido. O assunto é aqui então analisado com utilização da fórmula de Michaud para fechamento lento, situando o ponto crítico, da tubulação, ao pé do reservatório elevado existente.

A fórmula acima citada tem a expressão seguinte:

$$h_a = 2LV / gt,$$

onde:

L – extensão da tubulação (m);

V – velocidade (m/s);

g – aceleração da gravidade (m/s^2);

t – tempo de manobra (s);

h_a – sobre-pressão (m)

A condição de fechamento lento se verifica para $t > T$.

$$T = 2L/C$$

Onde:

T – período da tubulação

L – comprimento da tubulação (neste caso $L = 419,03$ m);

C – celeridade da onda (m/s)

Onde C é dado pela seguinte equação:

$$C = 9900 / [48,3 + k(D/e)]^{1/2}$$

Para:

$k = 18$ (tubo de PVC);

$D = 0,1564$ m (diâmetro interno);

$e = 0,00048$ m (espessura da parede do tubo).

Temos:

$C = 393,0$ m/s, então,

$T = 2 \times 419,03 / 393 = 2,13$ s

Fazendo, $h_a = P_s - \Delta h$,

Onde

$P_s = 100$ mca (pressão de serviço do tubo);

Δh – diferença de pressão entre N.A. no RAP e N.A. no REL.

Considerando as situações extremas e simultâneas de nível de água no dois reservatórios, para determinação do tempo mínimo de fechamento, $t = 2LV/gh_a$, obtém-se o seguinte:

<u>Situação</u>	<u>t(s)</u>
1.0 – RAP vazio/REL vazio	2,29*
2.0 – RAP vazio/REL cheio	1,79
3.0 – RAP cheio/REL vazio	2,40
4.0 – RAP cheio/REL cheio	1,86

CONCLUSÃO: Como nas situações 2.0 e 4.0 tem-se $t < T$, o que implica em manobra rápida e se deseja $t > T$ (manobra lenta); durante a operação de cerramento da válvula(registro) o tempo de manobra a ser observado nas duas situações deve ser superior a 2,13 s, que é o valor do período da tubulação; o que em termos práticos não oferece qualquer problema, já que a operação é manual.

(*) Estágio final de esvaziamento do reservatório apoiado, água somente na tubulação de interligação.

2.4 – Estação de tratamento d'água – ETA

2.4.1 – Generalidades

Para este sistema integrado de abastecimento de água foi projetada uma ETA compacta do tipo filtração direita ascendente, composta de uma câmara de carga (torre piezométrica), dois filtros e casa de química.

A filtração direta é um processo que exclui a decantação e no qual a água, quimicamente coagulada, é encaminhada diretamente para os filtros. Nesse caso os filtros devem, portanto, remover não só as impurezas que causam a cor e a turbidez, mas também os produtos deixados pelos reagentes químicos empregados no processo. Para o bom funcionamento do mesmo, a água bruta deve ser de boa qualidade (relativamente limpa) e as dosagens dos reagentes relativamente baixas.

No processo de seleção do tipo mais adequado para tratamento da água bruta, levou-se em consideração o resultado de análise físico-química e bacteriológica de uma amostra de água coletada no dia 19/10/2004 no riacho Jatobá, próximo ao local do barramento, o qual é visto no **Quadro 2.7**.

QUADRO 2.7 – CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIACHO JATOBÁ

Parâmetros	Índice	
	Amostra	Limite
Turbidez	17 F TU	<5
Cor	64,0 UH	<15
PH	7,70	6,5– 8,5
Dureza	292,18mg/LCaCO ³	<500
Cloretos	84,18 mg Cl-/L	<250
Cloro total	Ausência	0,2-1,5
Sulfatos	16 mg/L SO ₄ ²⁻	<400
Ferro total	1,59 mg Fe/L	<0,3
Nitratos	0,70 mg/LN	<10
Sólidos Totais	479,40 mg/L	<1000

Pelos dados da análise procedida, verifica-se que a água do referido rio pode ser utilizada para abastecimento humano, desde que submetida a tratamento adequado, dado o fato de que os valores observados para cor, turbidez e teor de ferro excedem os limites toleráveis. Os altos valores de cor e turbidez caracterizam presença de matéria orgânica, possivelmente, resultante da diminuta quantidade de água no leito do rio, na ocasião da coleta, quando a água se encontrava estocada em pequenas poças, onde se desenvolve intensa atividade microbiana. Para solucionar o problema decorrente do teor de ferro, constatado na análise da água, projetou-se um aerador de bandejas, que será instalado no topo da câmara de carga da ETA.

Em razão do que foi exposto conclui-se que, submetida a um processo de tratamento que compreenda aeração, filtração e cloração, a água disponível poderá se

enquadrar nos padrões de potabilidade determinados pela legislação em vigor (Portaria n.º 36/90 do Ministério da Saúde).

2.4.2 – Dimensionamento dos Filtros

2.4.2.1 – Parâmetros Adotados

Vazão da 1ª, 2ª e 3ª etapas.....33,60L/s

Tempo Máximo Diário de Operação da ETA (td).....20 horas

Taxa de Filtração Máxima Diário (Tf).....120 m³/m² x dia

2.4.2.2 – Área Filtrante Total (Aft)

$$A_{ft} = \frac{Q}{T_f}$$

$$= \frac{0,03360 \times 72000}{120} = 20,16 \text{ m}^2 \quad (1^{\text{a}}, 2^{\text{a}} \text{ e } 3^{\text{a}} \text{ Etapas})$$

2.4.2.3 – Número Mínimo de Unidades Filtrantes(N)

$$N = 1,4 \sqrt{c}$$

$$c = \frac{72000 \times 20,16}{1.000.000} = 1,45 \text{ milhões de L/dia}$$

$$N = 1,4 \sqrt{1,45} = 1,68$$

Para atendimento diário de oferta d água projetada há necessidade, portanto de no mínimo 2 (dois) filtros.

2.4.2.4 – Área de cada Filtro (Af)

$$A_f = \frac{A_{ft}}{N} = \frac{20,16}{2} = 10,08 \text{ m}^2$$

2.4.2.5 – Diâmetro de cada Filtro (Df)

$$D_f = \sqrt{(4 * A_f)/\pi} = 3,58$$

Adotou-se o diâmetro de 3,60m, com área filtrante de 10,18 m²(AFa).

2.4.2.6 – Taxa de Filtração Máxima Diária na (Tf)

$$Tf = \frac{(Q/1000) \cdot T_d \cdot 3600}{A_{fa} \cdot N} = 118,84 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$$

2.4.3 – Dimensionamento da Estação Elevatória de Lavagem dos Filtros (EELF)

2.4.3.1 – Vazão de lavagem (q)

$$q = v \times A$$

onde:

v - velocidade de lavagem (m/s)

A - área do filtro (m²)

Sabe-se que:

$$v \geq 0,80 \text{ m/min (NBR 12.216)}$$

Adotou-se v = 0,80 m/min

Então:

$$q = \frac{0,80 \times 10,18}{60} = 0,136 \text{ m}^3/\text{s}$$

Adotou-se q = 136 L/s.

2.4.3.2 – Volume de lavagem (VI)

$$VI = q \times T$$

onde:

T - tempo de lavagem (s)

Sabe-se que:

T ≥ 10 min (NBR 12.216), então, com 15 min:

$$V = 0,136 \times 15 \times 60 = 122,40 \text{ m}^3.$$

2.4.3.3 – Volume do Reservatório Elevado (VRe)

O reservatório elevado deverá estocar o volume necessário para lavagem dos filtros mais 5% para abastecer a casa de química e o escritório.

$$VRe = 122,40 \times 1,05 = 128,52 \text{ m}^3$$

Adotado: Vol. de 150 m³.

2.4.3.4 – Volume para o Reservatório Apoiado (VRa)

O reservatório apoiado deverá ter o mesmo volume do reservatório elevado, já que para a EEAT, funcionará, praticamente, como poço de sucção, devendo ser responsável, tão somente, por 6,4 % do total de 800m³ a acumular, para atender ao suprimento diário da cidade de Ipueiras.

$$VRa=150 \text{ m}^3$$

2.4.3.5 – Vazão da Bomba de Recalque (Qre)

Tre = tempo de enchimento do Re = 90,0 min

$$Qre=Vre/Trex60 = 0,028\text{m}^3\text{s} \text{ ou } 28,0 \text{ L/s}$$

2.4.3.6 – Potência dos Motores

No **Quadro 2.8** estão apresentados o dimensionamento e as características dos conjuntos motobomba de lavagem dos filtros.

2.4.4 – Quantidade de Produtos Químicos

A quantidade de produtos químicos necessária para o tratamento d'água deverá seguir os valores apresentados no **Quadro 2.9**.

2.5 – RESERVAÇÃO

2.5.1 – Critérios de Reservação

Na determinação dos volumes de reservação do sistema seguem-se as recomendações da CAGECE (NRPT 1/86), as quais prevêm um volume de reservação de no mínimo 1/3 (um terço) do volume máximo demandado diariamente.

2.5.2 – Dimensionamento da Reservação

2.5.2.1 – Fórmula Utilizada

$$V= 1/3*[(Q/1000)*(86400*(Td/24))]$$

Onde,

Q: vazão máxima diária (L/s);

Td: tempo máximo de funcionamento diário (h)

QUADRO 2.8 – DIMENSIONAMENTO DAS BOMBAS DA EELF

VAZÃO TOTAL(L/s)	28,00
NÚMERO DE BOMBAS	1
VAZÃO POR BOMBA(L/s)	28,00
CÁLCULO DA ALTURA MANOMÉTRICA (H _{man})	
SUCÇÃO	
Desnível geométrico(m)	0,00
Perdas em tocos e conexões(m)	0,40
Altura vacuométrica(m)	0,40
RECALQUE	
Perdas no barrilete e tubulação(m)	2,50
Desnível até RE (m)	21,00
Altura manométrica(m)	23,50
Altura manométrica total(m)	23,90
Altura manométrica adotada(m.c.a)	24,00
CARACTERÍSTICA DA BOMBA ADOTADA	
Tipo	Centrífuga
Vazão unitária(L/s)	28,00
Altura manométrica total(m.c.a)	24,00
Rendimento (%)	69
Potência do motor calculada(CV)	14,93
NPSH disponível(m)	8,92
NPSH requerido(m)	2,00
Rotor (mm)	247
Modelo da bomba	KSB MEBANORM 80-250
CARACTERÍSTICA DO MOTOR	
Potência do motor adotada(CV)	15
RPM	1750
POLO	IV

Quadro 2.9 – 1 página

ARQUIVO - QUADROS.XLS

2.5.2.2 – Dimensionamento

No **Quadro 2.10** faz-se um cotejo entre a reservação existente e a necessária para armazenamento diário, onde se constata a necessidade, já na 1ª Etapa, de ampliação da estrutura de reservação da cidade de Ipueiras.

QUADRO 2.10 – Volumes de Reservação Existentes e Necessários

LOCALIDADE	EXISTENTE			NECESSÁRIO			COMPLEMENTAÇÃO		
	RA	RE	TOTAL	1ª ETAPA	2ª ETAPA	3ª ETAPA	1ª ETAPA	2ª ETAPA	3ª ETAPA
Sede do município	0,00	327,00	327,00	804,62	938,10	1.072,86	477,62	611,10	745,86
TOTAL	0,00	327,00	327,00	804,62	938,10	1.072,86	477,62	611,10	745,86

Os **Quadros 2.11 e 2.12** apresentam o resultado do cálculo do volume de água fluante, que corresponde ao volume que deverá estar, diariamente, disponível à população em reservatório elevado.

QUADRO 2.11– Percentual de água fluante (%)

HORAS	(%) CONS.MÉDIO	(%) CONS. NO INTERVALO	ÁGUA ADUZIDA - horas		Balanço Superrávit/Déficit	
			24	20	+	-
0 - 2	40	3,33	8,33			-3,33
2 - 4	40	3,33	8,33	10,00	6,67	
4 - 6	60	5,00	8,33	10,00	5,00	
6 - 8	110	9,17	8,33	10,00	0,83	
8 - 10	145	12,08	8,33	10,00		-2,08
10 - 12	140	11,67	8,33	10,00		-1,67
12 - 14	145	12,08	8,33	10,00		-2,08
14 - 16	130	10,83	8,33	10,00		-0,83
16 - 18	140	11,67	8,33	10,00		-1,67
18 - 20	115	9,58	8,33	10,00	0,42	
20 - 22	75	6,25	8,33	10,00	3,75	
22 - 24	60	5,00	8,33			-5,00
					16,67	-16,67

QUADRO 2.12 – Volume de Água Fluante (m3)

LOCALIDADE	VOLUME FLUTUANTE		
	1ª ETAPA	2ª ETAPA	3ª ETAPA
Sede do município	134,10	156,35	178,81
TOTAL	134,10	156,35	178,81

Analisando os **Quadros 2.10 e 2.12** constata-se que, para a cidade de Ipueiras, a reservação existente em reservatório elevado comporta o volume fluante até o horizonte do projeto.

Conforme mencionado em item precedente, enfatiza-se que a reservação diária de água tratada para a cidade de Ipueiras, seguindo o critério de armazenamento de 1/3 do total do volume máximo d'água demandado por dia, seria de 1.072,86 m³, no horizonte do projeto. No entanto, considerando a vazão ofertada pelo sistema, que é de 33,60L/s, o volume passível de reservação diária é somente de 806,40 m³. Como a cidade já conta com reservatórios elevados, cuja capacidade conjunta é de 327,00m³, há necessidade, para complementação do volume de 806,4 m³ acima citado, de uma acumulação complementar diária de 479,4 m³, que será estocada nos reservatórios propostos no projeto: um apoiado de 362,0 m³ localizado no final da adutora e um reservatório apoiado junto a EEAT de 150m³, o qual terá também por função servir de poço de sucção para as bombas da EEAT e da EELF.

2.6 – PROJETO ELÉTRICO

2.6.1 – Objetivo

A presente memória de cálculo tem por objetivo a determinação das demandas previstas para o sistema, incluindo os principais equipamentos e acessórios.

2.6.2 – Sistema Elétrico da COELCE

Tensão primária: 13.800V

Tensão secundária trifásica: 380V

Tensão secundária monofásica: 220V

2.6.3 – Memória de Cálculo QDLF2

2.6.3.1 – Alimentação do Circuito 1: Iluminação Interna

Dados:

Carga:

7 luminárias com 2 lâmpadas fluorescentes de 32W/220V.....	448 W.
2 luminárias com 1 lâmpada pl de 25W/220V.....	50 W
2 luminárias com 1 lâmpada incandescente de 60W/220V.....	120 W
Carga total:.....	618 W.

$$I_{IL} = 3,05 \text{ A}$$

$$L = 30 \text{ m}$$

$$U = 220\text{V}$$

Cabo estimado: 1,5mm²

Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{3,05 \times 30 \times 0,92}{56 \times 1,5} = 1\text{V}$$

$$\Delta U\% = \frac{1}{220} \times 100 = 0,45\%$$

Logo o condutor adotado será 1,5mm² para fase, 1,5mm² para neutro e 1,5mm² para proteção.

Proteção do circuito

$$I_p = 1,15 \times 3,05 = 3,51 \text{ A}$$

Como a corrente máxima que o cabo suporta é de 15 A, escolhemos o disjuntor monofásico de 10 A /250V.

2.6.3.2 – Alimentação do Circuito 2 e 3: Tomadas Uso Comum

Dados:

Carga:

6 tomadas 15 A/220V, 2P+T.....600 W.

Carga total:.....600 W.

$$I_{IL} = 2,91 \text{ A}$$

$$L = 30 \text{ m}$$

$$U = 220\text{V}$$

Cabo estimado: 2,5mm²

Pela Queda de Tensão'

$$\Delta U = \frac{2,91 \times 30 \times 0,94}{56 \times 2,5} = 0,58\text{V}$$

$$\Delta U\% = \frac{0,58}{220} \times 100 = 0,26\%$$

Logo o condutor adotado será 2,5mm² para fase, 2,5mm² para neutro e 2,5mm² para proteção.

Proteção do circuito

$$I_p = 1,15 \times 2,91 = 3,34 \text{ A}$$

Como a corrente máxima que o cabo suporta é de 21A, escolhemos o disjuntor monofásico de 10 A /250V.

2.6.3.3 – Alimentação do Circuito 4: Tomadas Uso Comum

Dados:

Carga:

13 tomadas 15 A/220V, 2P+T.....1300 W.

Carga total:.....1300 W.

$$I_{IL} = 6,31 \text{ A}$$

$$L = 30 \text{ m}$$

$$U = 220\text{V}$$

Cabo estimado: 2,5mm²

Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{6,31 \times 30 \times 0,94}{56 \times 2,5} = 1,27\text{V}$$

$$\Delta U\% = \frac{1,27}{220} \times 100 = 0,57\%$$

Logo o condutor adotado será 2,5mm² para fase, 2,5mm² para neutro e 2,5mm² para proteção.

Proteção do circuito

$$I_p = 1,15 \times 6,31 = 7,25 \text{ A}$$

Como a corrente máxima que o cabo suporta é de 21A, escolhemos o disjuntor monofásico de 10 A /250V.

2.6.3.4 – Alimentação do Circuito 5, 6, 7,8 e 9: Tomadas Trifásicas

Dados:

Carga:

1 tomadas 32 A/380V, 3P+T.....736 W.

Carga total:.....736 W.

$$I_{IL} = 1,18 \text{ A}$$

$$L = 20 \text{ m}$$

$$U = 380\text{V}$$

Cabo estimado: 2,5mm²

Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{1,18 \times \sqrt{3} \times 20 \times 0,94}{56 \times 2,5} = 0,27 \text{ V}$$

$$\Delta U \% = \frac{0,27}{380} \times 100 = 0,07\%$$

Logo o condutor adotado será 2,5mm² para fase, 2,5mm² para neutro e 2,5mm² para proteção.

Proteção do circuito

$$I_p = 1,15 \times 1,18 = 1,357 \text{ A}$$

Como a corrente máxima que o cabo suporta é de 21A, escolhemos o disjuntor trifásica de 10 A /250V.

2.6.3.5 – Alimentação do Circuito 10 e 11: Tomadas Arstop

Dados:

Carga:

1 tomadas ARSTOP para Ar Cond.1900 W.

Carga total:.....1900 W.

$$I_{IL} = 9,22 \text{ A}$$

$$L = 20 \text{ m}$$

$$U = 220\text{V}$$

Cabo estimado: 2,5mm²

Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{9,22 \times 20 \times 0,94}{56 \times 2,5} = 1,23 \text{ V}$$

$$\Delta U \% = \frac{1,23}{220} \times 100 = 0,56\%$$

Logo o condutor adotado será 2,5mm² para fase, 2,5mm² para neutro e 2,5mm² para proteção.

Proteção do circuito

$$I_p = 1,15 \times 9,22 = 10,6 \text{ A}$$

Como a corrente máxima que o cabo suporta é de 21A, escolhemos o disjuntor monofásico de 15 A /250V.

2.6.3.6 – Alimentador Geral (QGBT ao QDLF2)

Dados:

$$I_T = 17,15\text{A}$$

$$U = 380 \text{ V}$$

$$L = 40\text{m}$$

Cabo estimado: 4mm²

Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{17,15 \times \sqrt{3} \times 40 \times 0,94}{56 \times 4,0} = 4,98V$$

$$\Delta U\% = \frac{4,98}{380} \times 100 = 1,31\%$$

Logo o condutor adotado será 4mm² para fase, 4mm² para neutro e 4mm² para proteção.

Proteção da Cablagem de BT

$$I_T \times 1,15 = 17,15 \times 1,15 = 19,72 \text{ A}$$

Será adotado disjuntor termomagnético de 20A / 750V / 5KA em caixa moldada.

2.6.4 – Memória de Cálculo QDLF 1

2.6.4.1 – Alimentação do Circuito 1: Iluminação Interna

Dados:

Carga:

5 luminárias com 2 lâmpadas fluorescentes de 32 W/220V.....320 W.

Carga total:.....320 W.

$$I_{IL} = 1,58 \text{ A}$$

$$L = 15 \text{ m}$$

$$U = 220V$$

Cabo estimado: 1,5mm²

Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{1,58 \times 15 \times 0,92}{56 \times 1,5} = 0,25V$$

$$\Delta U\% = \frac{0,25}{220} \times 100 = 0,11\%$$

Logo o condutor adotado será 1,5mm² para fase, 1,5mm² para neutro e 1,5mm² para proteção.

Proteção do circuito

$$I_p = 1,15 \times 1,58 = 1,82 \text{ A}$$

Como a corrente máxima que o cabo suporta é de 15 A, escolhemos o disjuntor monofásico de 10 A /250V.

2.6.4.2 – Alimentação do Circuito 2: Iluminação Externa

Dados:

Carga:

6 luminárias com 1 lâmpada pl de 25W/220V.....150 W.

Carga total:.....150 W.

$$I_{IL} = 0,74 \text{ A}$$

$$L = 30 \text{ m}$$

$$U = 220\text{V}$$

Cabo estimado: 1,5mm²

Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{0,74 \times 30 \times 0,92}{56 \times 1,5} = 0,24\text{V}$$

$$\Delta U\% = \frac{0,24}{220} \times 100 = 0,11\%$$

Logo o condutor adotado será 1,5mm² para fase, 1,5mm² para neutro e 1,5mm² para proteção.

Proteção do circuito

$$I_p = 1,15 \times 0,74 = 0,85 \text{ A}$$

Como a corrente máxima que o cabo suporta é de 15A, escolhemos o disjuntor monofásico de 10 A /250V.

2.6.4.3 – Alimentação do Circuito 3: Iluminação Externa Pátio

a) Dados:

Carga:

12 luminárias com 1 lâmpada VM de 250W/220V.3.000 W.

Carga total:.....3.000 W.

$$I_{IL} = 14,82 \text{ A}$$

$$L = 80 \text{ m}$$

$$U = 220\text{V}$$

Cabo estimado: 4,0mm²

b) Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{14,82 \times 80 \times 0,92}{56 \times 4} = 4,84\text{V}$$

$$\Delta U\% = \frac{4,87}{220} \times 100 = 2,21\%$$

Logo o condutor adotado será 4,0mm² para fase, 4,0mm² para neutro e 4,0mm² para proteção.

c) Proteção do circuito

$$I_p = 1,15 \times 14,82 = 17,04\text{A}$$

Como a corrente máxima que o cabo suporta é de 28A, escolhemos o disjuntor monofásico de 20 A /250V.

2.6.4.4 – Alimentação do Circuito 4: Tomadas Uso Comum

Dados:

Carga:

2 tomadas 15 A/220V, 2P+T.....200 W.

Carga total:.....200 W.

$$I_{IL} = 0,97 \text{ A}$$

$$L = 10 \text{ m}$$

$$U = 220\text{V}$$

Cabo estimado: 2,5mm²

Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{0,97 \times 10 \times 0,94}{56 \times 2,5} = 0,065\text{V}$$

$$\Delta U\% = \frac{0,065}{220} \times 100 = 0,03\%$$

Logo o condutor adotado será 2,5mm² para fase, 2,5mm² para neutro e 2,5 mm² para proteção.

Proteção do circuito

$$I_p = 1,15 \times 0,96 = 1,10\text{A}$$

Como a corrente máxima que o cabo suporta é de 21A, escolhemos o disjuntor monofásico de 15 A /250V.

2.6.4.5 – Alimentação do Circuito 5: Tomada de Força

Dados:

Tomada de força 32 A / 380 V =10.000 W

TOTAL =10.000 W

$$I_{IL} = 16,16 \text{ A}$$

$$L = 10 \text{ m}$$

$$U = 380\text{V}$$

Cabo estimado: 4,0mm²

Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{16,16 \times \sqrt{3} \times 10 \times 0,94}{56 \times 4,0} = 1,17 \text{ V}$$

$$\Delta U\% = \frac{1,17}{220} \times 100 = 0,30\%$$

Logo o condutor adotado será 4,0mm² para fase, 4,0mm² para neutro e 4,0mm² para proteção.

Proteção do Circuito

$$I_p = 1,50 \times 16,16 = 24,24\text{A}$$

Como a corrente máxima que o cabo suporta é de 28A, escolhemos o disjuntor termo magnético trifásico 20 A /750V/2KA, em caixa moldada.

2.6.4.6 – Alimentador Geral (QGBT ao QDLF1)

Dados:

$$I_T = 22,22\text{A}$$

$$U = 380 \text{ V}$$

$$L = 5,0\text{m}$$

Cabo estimado: 6mm²

Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{22,22 \times \sqrt{3} \times 5,0 \times 0,935}{56 \times 6,0} = 0,5\text{V}$$

$$\Delta U\% = \frac{0,5}{380} \times 100 = 0,1\%$$

Logo o condutor adotado será 6mm² para fase, 6mm² para neutro e 6mm² para proteção.

Proteção da Cablagem de BT

$$I_T \times 1,15 = 22,22 \times 1,15 = 25,55\text{A}$$

Será adotado disjuntor termomagnético de 30A / 750V / 5KA em caixa moldada.

2.6.5 – Memória de Cálculo QGBT

2.6.5.1 – Alimentação do Circuito 1 – Iluminação do Flutuante

Dados:

Carga:

4 luminárias com 1 lâmpada pl de 18W/220V.....72 W.

Carga total:..... 72 W.

$$I_{IL} = 0,34 \text{ A}$$

$$L = 550 \text{ m}$$

$$U = 220\text{V}$$

Cabo estimado: 2,5mm²

Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{0,34 \times 550 \times 0,94}{56 \times 2,5} = 1,29 \text{ V}$$

$$\Delta U\% = \frac{1,29}{220} \times 100 = 0,58\%$$

Logo o condutor adotado será 2,5mm² para fase, 2,5mm² para neutro.

Proteção do Circuito

$$I_p = 1,15 \times 0,34 = 0,4 \text{ A}$$

Como a corrente máxima que o cabo suporta é de 21A, escolhemos o disjuntor termo magnético trifásico 10 A /750V/2KA, em caixa moldada.

2.6.5.2 – Alimentação do Circuito 2 - Alimentação dos Motores CCM1 (Flutuante)

Dados:

$$P=20\text{CV}$$

$$I_M = 28,47A$$

$$I_M = (1,25 \times 28,47) = 35,58A$$

$$L = 550m$$

$$U = 380V$$

$$\text{Cabo estimado} = 70 \text{ mm}^2$$

Pela Corrente Nominal dos Motores

20CV

$$\Delta U = \frac{28,47 \times \sqrt{3} \times 550 \times 0,85}{56 \times 70} = 5,88V$$

$$\Delta U\% = \frac{5,88}{380} \times 100 = 1,55\%$$

Pela Corrente de Partida dos Motores (Inversor de Freqüência).

20CV

$$I_p = 28,47 \times 1,25 = 35,59A$$

$$\Delta U = \frac{35,59 \times \sqrt{3} \times 550 \times 0,85}{56 \times 70} = 7,35V$$

$$\Delta U\% = \frac{7,35}{380} \times 100 = 1,93\%$$

Logo será adotado para os motores :

Cabo de cobre isolado de 70mm² para fases; 35mm² para o neutro e 35mm² para proteção.

d) Cálculo da Proteção dos Motores.

20CV

$$\text{Fusível} : 1,15 \times 28,47A = 32,70A$$

Disjuntor: $1,15 \times 28,47A=32,70A$

Logo será adotado para os motores :

Disjuntor termomagnético tripolar de 35 A /750V/ 5KA e fusível NH Ultra Rápido de 35A.

2.6.5.3 – Alimentador Geral do CCM1 (Do QGBT ao CCM1)

Dados:

$$I_T = (1,25 \times 28,47) = 35,58A$$

$$I_T = 35,58A$$

$$U = 380 V$$

$$L = 1m$$

Cabo estimado: 10 mm²

Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{35,58 \times \sqrt{3} \times 1 \times 0,85}{56 \times 10} = 0,09V$$

$$\Delta U\% = \frac{0,09}{380} \times 100 = 0,02\%$$

Logo o condutor adotado será 10mm² para fase, 10mm² para neutro e 10mm² para proteção.

Proteção Geral do Alimentador do CCM1

$$I_T \times 1,15 = 35,58 \times 1,15 = 40,91 A$$

Será adotado disjuntor termomagnético de 40A / 750V / 5KA em caixa moldada.

2.6.5.4 – Alimentação do Circuito 3 – Alimentação dos Motores CCM2 (EEAT)

a) Dados:

$$P=30CV$$

$$I_M = 42,94A$$

$$I_M = (1,25 \times 42,94) = 53,67A$$

$$L = 10m$$

$$U = 380V$$

$$\text{Cabo estimado} = 16mm^2$$

b) Pela Corrente Nominal dos Motores

30CV

$$\Delta U = \frac{42,94 \times \sqrt{3} \times 10 \times 0,84}{56 \times 16} = 0,69V$$

$$\Delta U\% = \frac{0,69}{380} \times 100 = 0,18\%$$

c) Pela Corrente de Partida dos Motores (Partida Soft-Starter).

30CV

$$I_P = (7,6 \times 42,94)/3 = 108,78 A$$

$$\Delta U = \frac{108,78 \times \sqrt{3} \times 10 \times 0,84}{56 \times 16} = 1,76V$$

$$\Delta U\% = \frac{1,76}{380} \times 100 = 0,46\%$$

Logo será adotado para os motores:

Cabo de cobre isolado de 16mm² para fases; 16mm² para o neutro e 16mm² para proteção.

Cálculo da Proteção dos Motores.

30CV

$$\text{Fusível: } 1,15 \times 42,94A = 49,38A$$

Disjuntor: $1,15 \times 42,94A = 49,38A$

Logo será adotado para os motores :

Será adotado disjuntor termomagnético de 50A / 750V / 5KA em caixa moldada e fusível NH Ultra Rápido de 50A.

2.6.5.5 – Alimentador Geral do CCM2 (Do QGBT ao CCM2)

Dados:

$$I_T = (1,25 \times 42,94) = 53,67A$$

$$I_T = 53,67A$$

$$U = 380 V$$

$$L = 1m$$

Cabo estimado: 16 mm²

Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{53,67 \times \sqrt{3} \times 1 \times 0,84}{56 \times 16} = 0,08V$$

$$\Delta U\% = \frac{0,08}{380} \times 100 = 0,02\%$$

Logo o condutor adotado será 16mm² para fase, 16mm² para neutro e 16mm² para proteção.

Proteção Geral do Alimentador do CCM2

$$I_T \times 1,15 = 53,67 \times 1,15 = 61,72 A$$

Será adotado disjuntor termomagnético de 60A / 750V / 5KA em caixa moldada.

2.6.5.6 – Alimentação do Circuito 4 - Alimentação dos Motores CCM3 (EELF)

Dados:

$$P = 15CV$$

$$I_M = 21,26A$$

$$I_M = (1,25 \times 21,26) = 26,57A$$

$$L = 10m$$

$$U = 380V$$

$$\text{Cabo estimado} = 4,0\text{mm}^2$$

Pela Corrente Nominal dos Motores

15CV

$$\Delta U = \frac{21,26 \times \sqrt{3} \times 10 \times 0,86}{56 \times 4,0} = 1,41V$$

$$\Delta U\% = \frac{1,41}{380} \times 100 = 0,37\%$$

Pela Corrente de Partida dos Motores (Partida Soft-Starter).

15CV

$$I_P = (7,8 \times 21,26)/3 = 55,27A$$

$$\Delta U = \frac{55,27 \times \sqrt{3} \times 10 \times 0,86}{56 \times 4,0} = 3,67V$$

$$\Delta U\% = \frac{3,67}{380} \times 100 = 0,96\%$$

Logo será adotado para os motores :

Cabo de cobre isolado de 4mm² para fases; 4mm² para o neutro e 4mm² para proteção.

Cálculo da Proteção dos Motores.

$$P = 15CV$$

$$\text{Fusível} : 1,15 \times 21,26A = 24,45A$$

Disjuntor: $1,15 \times 21,26A = 24,45A$

Logo será adotado disjuntor termomagnético tripolar de 25A /500V/ 2KA e fusível NH Ultra Rápido de 25A

2.6.5.7 – Alimentador Geral do CCM3 (Do QGBT ao CCM3)

Dados:

$$I_T = (1,25 \times 21,26) = 24,83A$$

$$I_T = 26,57A$$

$$U = 380 V$$

$$L = 1m$$

Cabo estimado: 4,0 mm²

Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{26,57 \times \sqrt{3} \times 1 \times 0,86}{56 \times 4,0} = 0,17V$$

$$\Delta U\% = \frac{0,17}{380} \times 100 = 0,04\%$$

Logo o condutor adotado será 4mm² para fase, 4mm² para neutro e 4mm² para proteção.

Proteção Geral do Alimentador do CCM3

$$I_T \times 1,15 = 26,57 \times 1,15 = 30,55 A$$

Será adotado disjuntor termomagnético de 25A / 750V / 5KA em caixa moldada.

2.6.5.8 – Alimentação do Circuito 5 - Alimentação do Motor CPD 1 (Leito de Secagem)

Dados:

$$P = 2CV$$

$$I_M = 3,37A$$

$$I_M = (1,25 \times 3,37) = 4,21 \text{ A}$$

$$L = 10\text{m}$$

$$U = 380\text{V}$$

$$\text{Cabo estimado} = 2,5\text{mm}^2$$

Pela Corrente Nominal do Motor

2CV

$$\Delta U = \frac{3,37 \times \sqrt{3} \times 32 \times 0,79}{56 \times 2,5} = 1,31\text{V}$$

$$\Delta U\% = \frac{1,31}{380} \times 100 = 0,34\%$$

Pela Corrente de Partida dos Motores (Partida Soft-Starter).

2CV

$$I_P = (6,8 \times 3,37) = 22,91^a$$

$$\Delta U = \frac{22,91 \times \sqrt{3} \times 32 \times 0,79}{56 \times 2,5} = 7,16\text{V}$$

$$\Delta U\% = \frac{7,16}{380} \times 100 = 1,88\%$$

Logo será adotado para os motores :

Cabo de cobre isolado de 2,5mm² para fases; 2,5mm² para o neutro e 2,5mm² para proteção.

Cálculo da Proteção dos Motores.

$$P = 2\text{CV}$$

$$\text{Fusível} : 1,15 \times 3,37\text{A} = 3,87 \text{ A}$$

$$\text{Disjuntor} : 1,15 \times 3,37\text{A} = 3,87 \text{ A}$$

Logo será adotado disjuntor termomagnético tripolar de 15A /750V/ 5KA e fusível NH Ultra Rápido de 15A .

2.6.5.9 – Alimentador Geral do CPD1 (Do QGBT ao CPD1)

Dados:

$$I_T = (1,25 \times 3,37) = 4,21A$$

$$I_T = 4,21A$$

$$U = 380 V$$

$$L = 1m$$

Cabo estimado: 2,5 mm²

Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{4,21 \times \sqrt{3} \times 1 \times 0,79}{56 \times 2,5} = 0,04V$$

$$\Delta U\% = \frac{0,04}{380} \times 100 = 0,01\%$$

Logo o condutor adotado será 2,5mm² para fase, 2,5mm² para neutro e 2,5mm² para proteção.

Proteção Geral do Alimentador do CPD1

$$I_T \times 1,15 = 4,21 \times 1,15 = 4,84 A$$

Será adotado disjuntor termomagnético de 15A / 750V / 5KA em caixa moldada.

2.6.5.10 – Alimentação do Circuito 8 – Tomada de Força Trifásica

Dados:

Carga:

1 Tomada de Força Trifásica de 32 A/380V, 3P+T.....2000 W.

Carga total:..... 2000 W.

$$IIL = 3,04 A$$

$$L = 550 \text{ m}$$

$$U = 380\text{V}$$

Cabo estimado: 10mm²

Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{3,04 \times \sqrt{3} \times 550 \times 0,92}{56 \times 10} = 4,76 \text{ V}$$

$$\Delta U\% = \frac{4,76}{380} \times 100 = 1,25\%$$

Logo o condutor adotado será 10mm² para fase, 10mm² para proteção.

Proteção do Circuito

$$I_p = 1,15 \times 3,04 = 3,50 \text{ A}$$

Como a corrente máxima que o cabo suporta é de 50A, escolhemos o disjuntor termo magnético trifásico 15 A /750V/2KA, em caixa moldada.

2.6.5.11 – Alimentação do Circuito 9 – Tomada de Uso Comum Monofásica

Dados:

Carga:

1 tomadas 15 A/220V, 2P+T.....100 W.

Carga total:..... 100 W.

$$I_{IL} = 0,49 \text{ A}$$

$$L = 550 \text{ m}$$

$$U = 220\text{V}$$

Cabo estimado: 2,5mm²

Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{0,49 \times 550 \times 0,92}{56 \times 2,5} = 1,78 \text{ V}$$

$$\Delta U\% = \frac{1,78}{220} \times 100 = 0,81\%$$

Logo o condutor adotado será 2,5mm² para fase, 2,5mm² para neutro.

Proteção do Circuito

$$I_p = 1,15 \times 0,49 = 0,56 \text{ A}$$

Como a corrente máxima que o cabo suporta é de 21A, escolhemos o disjuntor termo magnético trifásico 15 A /750V/2KA, em caixa moldada.

2.6.5.12 – Alimentador Geral (Medição ao QGBT)

Dados:

$$I_T = 0,34+28,47+42,94+21,26+20,88+17,12 +3,37$$

$$I_T = 134,38 \text{ A}$$

$$U = 380 \text{ V}$$

$$L = 20\text{m}$$

Cabo estimado: 70mm²

Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{134,38 \times \sqrt{3} \times 20 \times 0,85}{56 \times 70} = 0,98\text{V}$$

$$\Delta U\% = \frac{0,98}{380} \times 100 = 0,25\%$$

Logo o condutor adotado será 70mm² para fase e 35mm² para neutro e 35mm² para proteção.

Proteção da Cablagem de BT

$$I_T \times 1,15 = 134,38 \times 1,15 = 154,53\text{A}$$

Será adotado disjuntor termomagnético de 175A / 750V / 5KA em caixa moldada.

2.6.5.13 – Potência do Transformador de Força

e) De acordo com a NT 002/91 da COELCE usaremos a seguinte fórmula:

$$D = \left(\frac{0,77a}{FP} + 0,7b + 0,95c + 0,59d + 1,2e + f + g \right)$$

$$a = 6,038 \quad Fu = 1$$

$$FP = 0,94 \quad g = 14,553 \text{ KVA}$$

$$b = 0 \quad Fs = 1$$

$$c = 3,8$$

$$d = 0$$

$$e = 0$$

$$f = \sum (0,87 \times P_{nm} \times Fu) \times Fs$$

$$D = \frac{0,70 \times 6,038}{0,94} + (0,95 \times 3,8) + [(0,87 \times 15 \times 1) \times 1 + (0,87 \times 20 \times 1) \times 1 + (0,87 \times 30 \times 1) + (0,87 \times 2 \times 1) \times 1] + 14,553$$

$$D = 4,5 + 3,61 + 58,29 + 14,553 \Rightarrow D = 80,95 \text{ KVA} \Rightarrow \text{Adotado } 112,5 \text{ KVA}$$

f) Alimentação do transformador à medição:

O condutor adotado será 70mm² para fase, 35mm² para neutro.

g) Proteção do Transformador

Será adotado disjuntor termomagnético de 175A / 750V / 5KA em caixa moldada.

ANEXOS

ANEXO 1 – ESTUDO DO DIÂMETRO ECONÔMICO

ANEXO 2 – CÁLCULO DE ESTABILIDADE DO FLUTUANTE

VERIFICAÇÃO DE ESTABILIDADE DO FLUTUANTE

1 – ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO SISTEMA

O sistema de flutuantes será composto basicamente de:

- **Flutuante principal**

Flutuante composto por 20 Módulos tipo celular modelo TechniFloat® básicos (1,0x1,0x0,6m) de última geração, utilizando materiais de alto desempenho como o Plástico Reforçado com Fibra de Vidro (PRFV) e Poliuretano. Ver desenho I-JÁ-AD-IP-02/37-R2

- **Acessórios:**

- Pórtico manual de 4 m de altura, para 1 ton SWL, para manutenção dos sistemas, fabricado em vigas de aço A-36 tratado, com talha manual de corrente.
- Sistema de Ancoragem – 4 pontos para o bloco principal, e um ponto para cada um dos módulos de apoio da tubulação; cada ponto de ancoragem será composto de um bloco de concreto.

2 – CÁLCULO DO PESO E CENTRO DE GRAVIDADE (P E VCG)

Descrição	Peso	v _{cg} ' (m)	Pxkg	VCG (m)
2 moto-bombas, com 243 kg de peso líquido cada, com respectivas bases de apoio	486	1,0	486	
Pórtico manual para 1 ton SWL com 4 m de altura	120	2,6	312	
Plataforma flutuante, com acessórios (balaustrada, cabeços, vigas transversais,	1.200	0,35	420	
Tubos, válvulas (incluindo válvula anti-golpe) e conexões com água	1.992	1,6	3.187	
2 homens (75 kg cada)	150	1,0	150	
TOTAL	3.948		4.555	1,15

Observação

- Não será considerado o efeito estabilizador do sistema de fundeio, com o intuito de se aumentar o coeficiente de segurança no cálculo.

3 – CÁLCULO DO CALADO (C)

Peso total menos a plataforma flutuante (P_e) = 2.748 kg

Peso da plataforma flutuante (P_f) = 20 módulos x 60 kg = 1200 kg

Área do flutuante (A) = 4 x 5 = 20 m²

$C = (P_e + P_f) / A = (2.748 + 1.200) / 20 = 197,0$ mm ou 0,197 m

4 – CÁLCULO DA ALTURA METACÊNTRICA INICIAL (GM_0)

Momento de Inércia Transversal (IT) = $(5 \times 4^3 / 12) = 26,67$ m⁴

Volume de Deslocamento = $0,197 \times 20 = 3,94$ m³

$GM_0 = IT / \text{Volume de Deslocamento} = 26,67 / 3,94$

Então:

$GM_0 = 6,77$ m

5 – VERIFICAÇÃO DE ATENDIMENTO AOS CRITÉRIOS DE ESTABILIDADE ESPECIFICADOS NA NORMA 2000

Obs.: para efeitos de enquadramento na norma, o flutuante foi considerado uma “Barcaça”.

- 1) A altura Metacêntrica inicial (GM_0) não deverá ser inferior ao valor da altura metacêntrica requerida (GM_r), calculada por meio da seguinte expressão:

$$GM_r = \frac{P \times A \times h}{\Delta \times \text{tg } \theta} \quad (12)$$

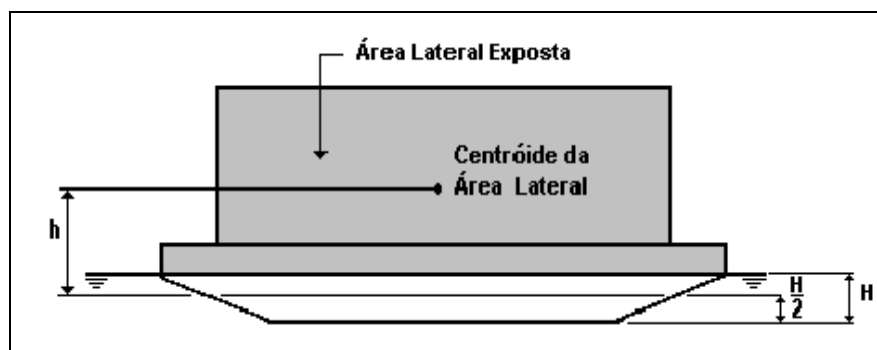


FIGURA 1.0: Caracterização de Parâmetros do Critério de Estabilidade (Barcaças)

onde:

- GM_r = altura metacêntrica inicial requerida, em m;
- A = área lateral projetada da porção da embarcação acima da linha d'água correspondente à condição de carregamento considerada, conforme indicado na Figura 1.0 em m^2 ;
- h = distância vertical entre o centróide da área "A" e metade do calado médio para a condição de carregamento considerada, conforme indicado na Figura 1.0 em m;
- Δ = deslocamento da embarcação na condição de carregamento considerada, em t;
- θ = ângulo de inclinação entre a metade superior da borda-livre na condição considerada e o canto superior do convés, ou 14° , adotando-se o menor valor (ver Figura 2.0)
- $P = 0.055 + (L_{PP} / 1309)^2$, em t/m^2 ; e
- L_{PP} = comprimento entre perpendiculares, em m.

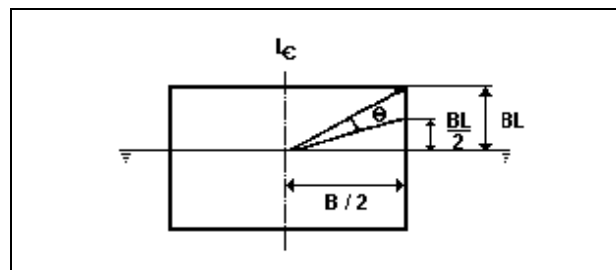


FIGURA 2.0: Determinação do ângulo θ

Logo, temos que:

- $A = \{0,6 - 0,19 \text{ (calado definido anteriormente)}\} \times 5,0 = 2,05 \text{ m}^2$
- $P = 0,055 + (L_{pp}/1309)^2 = 0,055 + (5/1309)^2 = 0,055 + 0,000014 = 0,055014$
- $h = 0,19/2 + 1,00 \text{ (considerando uma carga com centróide de área } 1,0 \text{ m acima do convés)} = 1,095$
- $\Delta = 3,948 \text{ t}$
- $\text{tg } \theta = (0,403/2) / 2,50 = 0,0806 \text{ e}$

$$GM_r = \frac{P \times A \times h}{\Delta \times \text{tg } \theta} \quad (12)$$

$$GM_r = (0,055014 \times 2,05 \times 1,095) / (3,948 \times 0,0806) = 0,39 \text{ m}$$

$$\mathbf{GM_r = 0,39 \text{ m}}$$

Como $GM_o = 6,77 \text{ m} > GM_r = 0,39 \text{ m}$, concluímos que:

O Flutuante apresenta Estabilidade Satisfatória para o Serviço Pretendido.

ANEXO 3 – CURVAS DE BOMBA

ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA BRUTA – EEAB - ROTOR: 257 mm

ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA – EEAT - ROTOR: 293 mm

ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE LAVAGEM DOS FILTROS – EELF - ROTOR: 247 mm

ANEXO 4 – CURVA DE PERDA DE CARGA DO MACROMEDIDOR