

MÓDULO VI – PROJETO EXECUTIVO DA ADUTORA DE ANTONINA DO NORTE

VOLUME III – DETALHAMENTO DO PROJETO EXECUTIVO

TOMO 2 – MEMÓRIA DE CÁLCULO

EDITADO EM OUTUBRO DE 2006

ÍNDICE

ÍNDICE

APRESENTAÇÃO	8
1 – INTRODUÇÃO	12
2 – MEMÓRIA DE CÁLCULO	16
2.1 – ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA BRUTA (EEAB).....	16
2.1.1 – Dimensionamento do Flutuante	16
2.1.2 – Dimensionamento dos Conjuntos motobomba	16
2.1.2.1 – Altura Manométrica: Hman.	16
2.1.2.2 – Potência dos Motores	25
2.1.2.3 – Curva da Bomba x Curva do Sistema – EEAB	29
2.1.2.4 – Cavitação.....	31
2.2 – ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA (EEAT).....	32
2.2.1 – Dimensionamento dos Conjuntos motobomba	32
2.2.1.1 – Altura Manométrica: Hman.	32
2.2.1.2 – Potência dos Motores	37
2.2.1.3 – Curva da Bomba x Curva do Sistema – EEAT	38
2.2.1.4 – Cavitação.....	43
2.3 – ADUÇÃO	44
2.3.1 – Estudo do Diâmetro Econômico das Tubulações Adutoras	44
2.3.1.1 – Critérios Adotados	44
2.3.1.2 – Metodologia e Parâmetros de Dimensionamento	44
2.3.1.3 – Simulação.....	45
2.3.2 – Definição dos Diâmetros	47
2.3.3 – Blocos de Ancoragem	49

2.3.4 – Movimento de Terra	49
2.3.5 – Avaliação do Transiente Hidráulico e Equipamento de proteção	50
2.3.5.1 – Sistema EEAB-AAB-CAIXA DE PASSAGEM	51
2.3.5.2 – Sistema EEAT-AAT	53
2.3.6 – Interligação Reservatório Apoiado Projetado → Reservatório Elevado Existente	55
2.4 – ESTAÇÃO DE TRATAMENTO D'ÁGUA – ETA	60
2.4.1 – Generalidades	60
2.4.2 – Dimensionamento dos Filtros	61
2.4.2.1 – Parâmetros Adotados	61
2.4.2.2 – Dimensionamento do Filtro de Fluxo Ascendente (Aft).....	61
2.4.2.3 – Dimensionamento do Filtro de Fluxo Descendente (Aft)	63
2.4.3 – Dimensionamento da Estação Elevatória de Lavagem dos Filtros (EELF) 64	
2.4.3.1 – Vazão de lavagem dos filtros de fluxo ascendente(q)	64
2.4.3.2 – Volume de lavagem dos filtros de fluxo ascendente (VI)	64
2.4.3.3 – Vazão de lavagem dos filtros de fluxo descendente(q)	64
2.4.3.4 – Volume de lavagem dos filtros de fluxo descendente (VI)	65
2.4.3.5 – Vazão na interfase (q)	65
2.4.3.6 – Volume na interfase (VI)	65
2.4.3.7 – Volume do Reservatório Elevado (VRe).....	66
2.4.3.8 – Volume do Reservatório Apoiado (VRa).....	66
2.4.3.9 – Bombas de Recalque	66
2.4.3.10 – Potência dos Motores	67
2.4.4 – Quantidade de Produtos Químicos	67

2.5 – RESERVAÇÃO.....	70
2.5.1 – Critérios de Reservação.....	70
2.5.2 – Dimensionamento da Reservação	70
2.5.2.1 – Fórmula Utilizada.....	70
2.5.2.2 – Dimensionamento da Reservação.....	70
2.6 – PROJETO ELÉTRICO.....	72
2.6.1 – Objetivo	72
2.6.2 – Sistema Elétrico da COELCE.....	72
2.6.3 – Memória de Cálculo QDLF (Casa de Comando da EEAB)	72
2.6.3.1 – Alimentação do Circuito 1: Iluminação e tomada	72
2.6.3.2 – Alimentação do Circuito 2 : Iluminação do Pátio	73
2.6.3.3 – Alimentador Geral (QGBT ao QDLF).....	74
2.6.4 – Memória de Cálculo QGBT da EEAB	75
2.6.4.1 – Alimentação do Circuito 1: Iluminação do Flutuante	75
2.6.4.2 – Alimentação do Circuito 2: Tomada Uso Comum do Flutuante	75
2.6.4.3 – Alimentação do Circuito 3: Tomada de Força no Flutuante	76
2.6.4.4 – Alimentação do Circuito 4: Alimentação dos Motores CCM1 (Flutuante) ... 77	
2.6.4.5 – Alimentador Geral do CCM1 (Do QGBT ao CCM1).....	79
2.6.4.6 – Alimentador Geral (Medição ao QGBT).....	80
2.6.4.7 – Potência do Transformador de Força da EEAB.....	81
2.6.5 – Memória de Cálculo QDLF2 (CASA DE QUÍMICA)	82
2.6.5.1 – Alimentação do Circuito 1: Iluminação Interna da Casa de Química	82
2.6.5.2 – Alimentação do Circuito 2 e 3 : Tomadas Uso Comum	83
2.6.5.3 – Alimentação do Circuito 4 : Tomadas Uso Comum	83

2.6.5.4 – Alimentação do Circuito 5, 6, 7,8 e 9: Tomadas Trifásicas	84
2.6.5.5 – Alimentação do Circuito 10 e 11: Tomadas Arstop	85
2.6.5.6 – Alimentador Geral (QGBT ao QDLF2).....	86
2.6.6 – Memória de Cálculo QDLF 1 (EEAT).....	87
2.6.6.1 – Alimentação do Circuito 1 : Iluminação Interna	87
2.6.6.2 – Alimentação do Circuito 2 : Iluminação Externa	87
2.6.6.3 – Alimentação do Circuito 3 : Iluminação Externa Pátio	88
2.6.6.4 – Alimentação do Circuito 4 : Tomadas Uso Comum	89
2.6.6.5 – Alimentação do Circuito 5 : Tomada de Força	90
2.6.6.6 – Alimentador Geral (QGBT ao QDLF1).....	91
2.6.7 – Memória de Cálculo QGBT do Complexo ETA/EEAT.....	91
2.6.7.1 – Alimentação do Circuito 1 - Alimentação dos Motores CCM2 (EEAT).....	91
2.6.7.2 – Alimentador Geral do CCM2 (Do QGBT ao CCM2).....	93
2.6.7.3 – Alimentação do Circuito 2 - Alimentação dos Motores CCM3 (EELF).....	94
2.6.7.4 – Alimentador Geral do CCM3 (Do QGBT ao CCM3).....	95
2.6.7.5 – Alimentação do Circuito 3 - Alimentação do Motor CPD 1 (Leito de Secagem)	96
2.6.7.6 – Alimentador Geral do CPD1 (Do QGBT ao CPD1).....	97
2.6.7.7– Alimentador Geral (Medição ao QGBT).....	98
2.6.7.8 – Potência do Transformador de Força do complexo ETA/EEAT.....	99

ANEXOS

ANEXO 1 – ESTUDO DO DIÂMETRO ECONÔMICO

ANEXO 1A – ADUTORA DE ÁGUA BRUTA

ANEXO 1B – ADUTORA DE ÁGUA TRATADA

ANEXO 2 – CURVAS DE BOMBA

ANEXO 3 – TRANSIENTE HIDRÁULICO

ANEXO 3A – ADUTORA DE ÁGUA BRUTA

ANEXO 3B – ADUTORA DE ÁGUA TRATADA

ANEXO 4 – CÁLCULO DE ESTABILIDADE DO FLUTUANTE

APRESENTAÇÃO

APRESENTAÇÃO

Tendo por objetivo a implantação da adutora do sistema de abastecimento d'água do Município de ANTONINA DO NORTE, 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 Antonina do Norte 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 do sistema adutor, ora proposto, será o açude Mamoeiro, cuja barragem, recém projetada, estará localizada a 12,0 km a montante da sede municipal, em seção do riacho Conceição, afluente do rio Jaguaribe.

Os volumes e tomos que compõem o acervo do contrato são mencionados a seguir:

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 Técnicas, Ambientais, Financeiras e Econômicas

TOMO 1 – Relatório de Avaliações Técnica, Ambiental, Financeira e Econômica

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

VOLUME I: EIA

VOLUME II: RIMA

Módulo IV: Projeto Executivo das Barragens

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 do 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 – Memória de Cálculo da Adutora de Antonina do Norte**, e é parte integrante do Módulo VI.

1 – INTRODUÇÃO

Com o intuito de oferecer água tratada para abastecimento humano à população radicada na cidade de Antonina do Norte e nas localidades de Vila Luziana e Várzea Nova, daquele município, dentro dos padrões exigidos pela legislação específica vigente e de fonte de suprimento confiável, quanto à regularidade, foram procedidos os estudos consubstanciados no relatório de Anteprojeto, já apresentado, em atendimento ao 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, nos quais se apoiou a elaboração do projeto executivo que ora se apresenta.

A fonte hídrica que alimentará o sistema adutor, ora proposto, será o Açude Mamoeiro, cuja barragem, recém projetada, localizar-se-á em secção do Riacho Conceição, afluente do Rio Jaguaribe, 13,495 km à montante da cidade de Antonina do Norte.

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 ação Antonina do Norte é de 473,0 Km.

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

- Latitude: 6°46'30";
- Longitude: 39°59'21";
- Altitude: 637,00 m;
- Área da superfície geográfica do município: 250,80 km².

Unidades territoriais limítrofes:

- Ao Norte: município de Saboeiro;
- Ao Sul: municípios de Campos Sales e Assaré;
- A Leste: município de Tarrafas;
- A Oeste: município de Aiuaba.

As localidades de Vila Luziana e Várzea Nova serão contempladas pelo presente projeto, em razão de sua proximidade ao traçado do eixo da adutora, ao

contrário do que ocorre em relação às demais localidades mencionadas no Relatório Técnico Preliminar-RTP.

Conforme mencionado, o manancial que alimentará a Adutora será o açude Mamoeiro, cuja barragem, recém projetada, estará a 13,495 km da cidade de Antonina do Norte, sendo 7,328 km pela CE-176 e 6,167 km por estrada carroçável.

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

Entra FIGURA 1.1 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO (ARQUIVO – Tomo 1 – mem. descritivo/desenhos/FIGURA 1-1.DWG)

2 – MEMÓRIA DE CÁLCULO

2.1 – ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA BRUTA (EEAB)

2.1.1 – Dimensionamento do Flutuante

No **Anexo 4** 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: Hman.

a) Dados para Dimensionamento

- Vazão da 1ª etapa.....14,54 L/s (2016)
- Vazão da 2ª etapa.....16,67 L/s (2026)
- Vazão da 3ª etapa.....18,85 L/s (2036)
- N°. de bombas..... Uma ativa e uma reserva
- Tubulação PEAD (Flutuante → Cx. de transição PEADxPVC):
 - Material PEAD (Polietileno de alta densidade)
 - Diâmetro externo 180 mm
 - Extensão.....160,00 m
 - Pressão de Serviço.....PN-8
- Tubulação em PVC (Cx. de transição PEADxPVC →ETA):
 - MaterialPVC
 - Diâmetro nominal.....150 mm
 - Extensão.....3.031,00 m
 - Pressão de Serviço.....1 MPa
- Nível mínimo de operação do flutuante (NA mínimo).....338,00

- Nível máximo de operação do flutuante (NA máximo).....355,00
- Cota do TN. no reservatório apoiado - Cx. de passagem374,59
- Cota do eixo da Tomada D' água346,55
- Cota do terreno natural na ETA.....353,39
- Carga necessária na conexão adutora-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 (h_d)

Formulário utilizado para determinação das perdas de carga distribuídas (h_d) do sistema:

- Fórmula universal de perda de carga:

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

- Fórmula de Colebrook:

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

- Número de Reynolds:

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

- Equação da continuidade:

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

Onde:

F = fator de Colebrook;

D = diâmetro (m);

K = coeficiente de rugosidade (mm);

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

L = comprimento do trecho (m);

V = velocidade do fluxo (m/s);

g = aceleração da gravidade (m/s²).

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

Nos **Quadros 2.1.A, 2.1.B, 2.2.A, 2.2.B, 2.3.A e 2.3.B** são apresentadas as perdas de carga ao longo da adutora, assim como, o desnível geométrico e a pressão necessária no início da mesma para as três etapas de implantação do projeto, onde são considerados os planos máximo e mínimo de operação da barragem, referentes ao posicionamento do flutuante.

c) Perda de carga localizada (hl)

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

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

O **Quadro 2.4** 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 fórmula:

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

Entra arquivo Quadros.xls – Quadro 2.1.A

Entra arquivo Quadros.xls – Quadro 2.1.B

Entra arquivo Quadros.xls – Quadro 2.2.A

Entra arquivo Quadros.xls – Quadro 2.2.B

Entra arquivo Quadros.xls – Quadro 2.3.A

Entra arquivo Quadros.xls – Quadro 2.3.B

Total – 6 folhas

QUADRO 2.4 – PERDAS DE CARGA DISTRIBUÍDAS E LOCALIZADAS DA EEAB

PEÇA	K	DN (mm)	1º ETAPA			2º ETAPA			3º ETAPA		
			Q (L/s)	V.(m/s)	Hf (m)	Q (L/s)	V.(m/s)	Hf (m)	Q (L/s)	V.(m/s)	Hf (m)
Válvula de pé com Crivo	0,75	150	14,54	0,82	0,10	16,67	0,94	0,10	18,85	1,07	0,10
Toco L=0,80m		150	14,54	0,82	0,10	16,67	0,94	0,10	18,85	1,07	0,10
Curvas de 90°	0,40	150	14,54	0,82	0,10	16,67	0,94	0,10	18,85	1,07	0,10
Redução excêntrica	0,15	100	14,54	1,85	0,20	16,67	2,12	0,20	18,85	2,40	0,30
Total na sucção					0,50			0,50			0,60
Redução normal	0,30	85	14,54	2,56	0,20	16,67	2,94	0,20	18,85	3,32	0,20
Curvas de 90°	0,40	150	14,54	0,82	0,10	16,67	0,94	0,10	18,85	1,07	0,10
Toco L=1,00m		150	14,54	0,82	0,10	16,67	0,94	0,10	18,85	1,07	0,10
Redução normal	0,40	150	14,54	0,82	0,10	16,67	0,94	0,10	18,85	1,07	0,10
Curvas de 90°		150	14,54	0,82	0,10	16,67	0,94	0,10	18,85	1,07	0,10
Toco L=1,00m	0,40	150	14,54	0,82	0,10	16,67	0,94	0,10	18,85	1,07	0,10
Válvula de retenção	2,50	150	14,54	0,82	0,10	16,67	0,94	0,20	18,85	1,07	0,20
Registro de gaveta	0,20	150	14,54	0,82	0,10	16,67	0,94	0,10	18,85	1,07	0,10
Toco L=1,00m		150	14,54	0,82	0,10	16,67	0,94	0,10	18,85	1,07	0,10
Curva de 45°	0,14	150	14,54	0,82	0,10	16,67	0,94	0,10	18,85	1,07	0,10
Curva de 45°	0,14	150	14,54	0,82	0,10	16,67	0,94	0,10	18,85	1,07	0,10
TOTAL NO BARRILETE					1,20			1,30			1,30

2.1.2.2 – Potência dos Motores

A potência dos conjuntos motobomba foi calculada pela expressão:

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

Onde:

P = Potência (CV);

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

Q = Vazão máxima diária (m³/s);

H_{man} = Altura manométrica (m);

n = Rendimento da bomba (%);

FS = Fator de serviço.

O **Quadro 2.5.A e 2.5.B** apresentam os dimensionamentos dos conjuntos motobomba, assim como, suas características operacionais nas situações de nível mínimo e máximo do reservatório. Na **Figura 2.1** mostra-se o gráfico das cotas piezométricas.

Entra arquivo - QUADROS.XLS/QUADRO 2-5-A

Entra arquivo - QUADROS.XLS/QUADRO 2-5-B

Entra figura 2.1 (Cota Piezometrica) (ARQUIVO – FIGURA 2-1.DWG)

Total – 3 folhas

2.1.2.3 – Curva da Bomba x Curva do Sistema – EEAB

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 do Sistema

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

- Característica do sistema da 1ª Etapa

$$k = \frac{H_{man} - H_{01}}{Q^2}$$

$$k = \frac{51 - 41,59}{(52,344)^2} \therefore k = 0,003069$$

$$Q = 52,344 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H_{man} = 50,0 \text{ m}$$

$$H_{01} = 41,59 \text{ m}$$

- Característica do sistema da 2ª Etapa

$$k = \frac{H_{man} - H_{01}}{Q^2}$$

$$k = \frac{51 - 41,59}{(60,012)^2} \therefore k = 0,002613$$

$$Q = 60,012 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H_{man} = 51,0 \text{ m}$$

$$H_{01} = 41,59 \text{ m}$$

- Característica do sistema da 3ª Etapa

$$k = \frac{H_{man} - H_{01}}{Q^2}$$

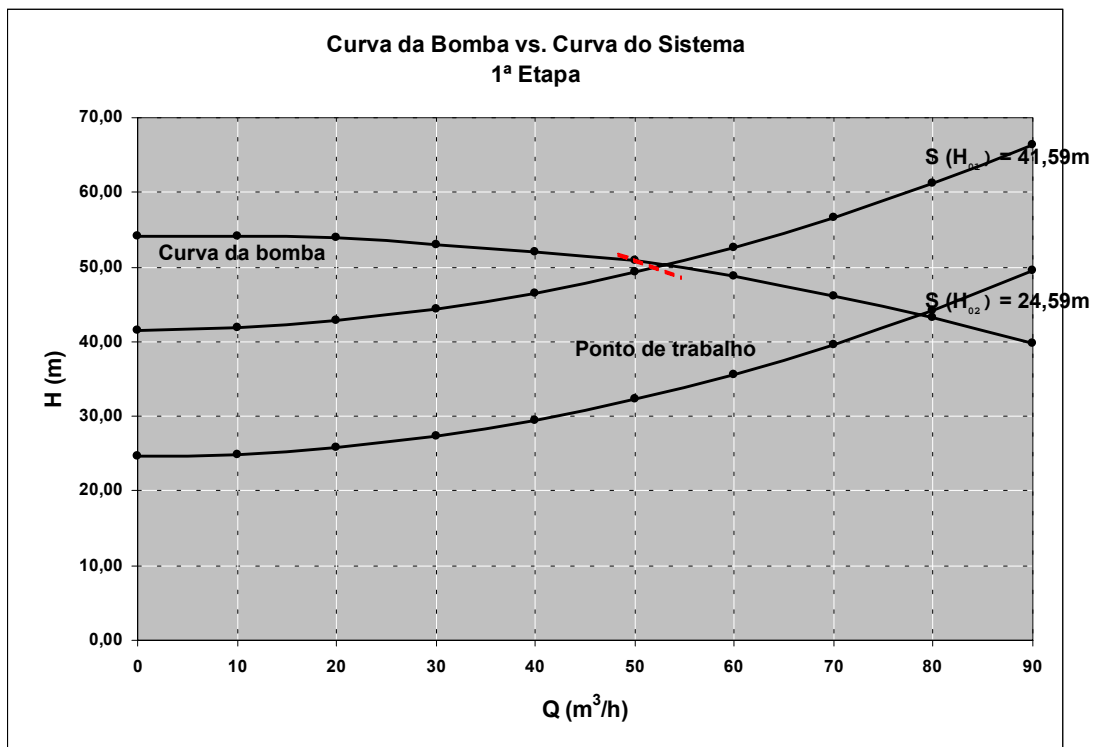
$$k = \frac{51 - 41,59}{(67,860)^2} \therefore k = 0,002043$$

$$Q = 67,860 \text{ m}^3/\text{h}$$

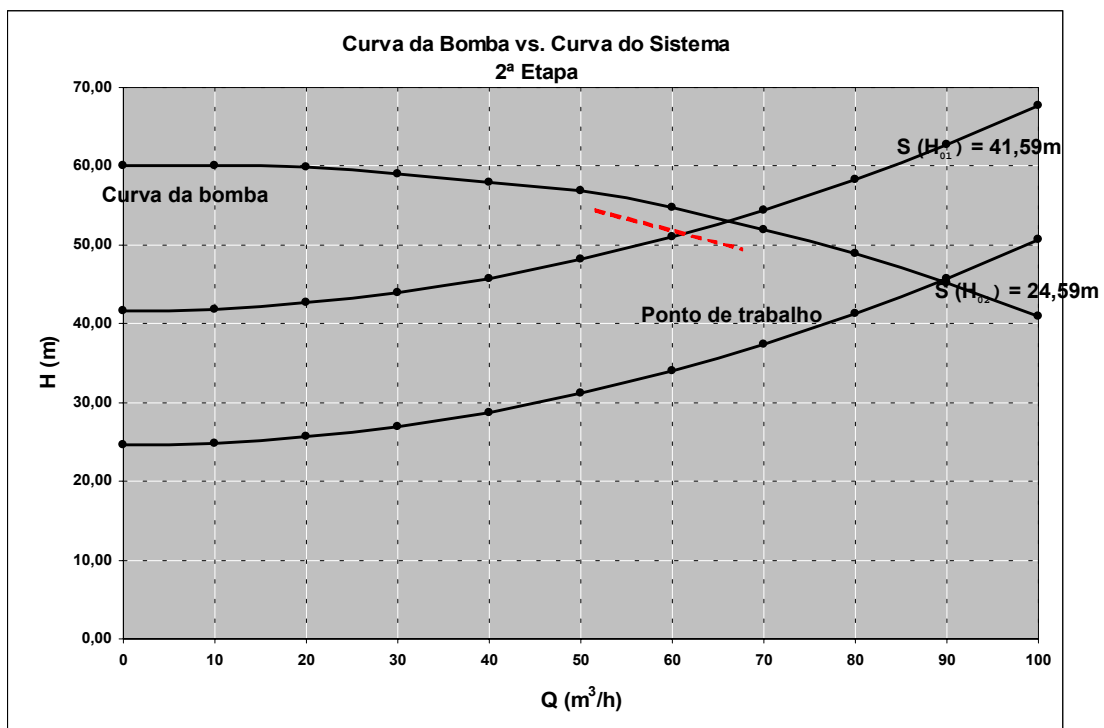
$$H_{man} = 51,0 \text{ m}$$

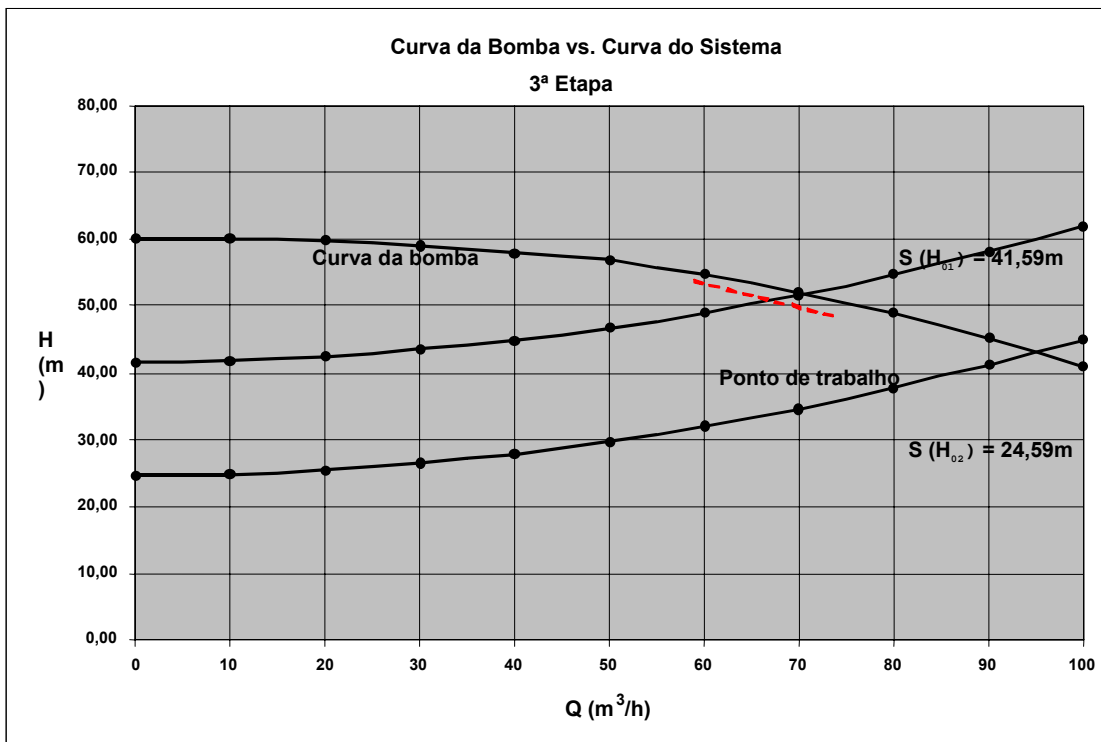
$$H_{01} = 41,59 \text{ m}$$

VAZÃO	BOMBA			SISTEMA					
	1º ETAPA	2º ETAPA	3º ETAPA	1º ETAPA		2º ETAPA		3º ETAPA	
Q (m³/h)	H (m)	H (m)	H (m)	NA mínimo H ₀₁ =41,59	NA máximo H ₀₂ =24,59	NA mínimo H ₀₁ =41,59	NA máximo H ₀₂ =24,59	NA mínimo H ₀₁ =41,59	NA máximo H ₀₂ =24,59
0	54,10	60,00	60,00	41,59	24,59	41,59	24,59	41,59	24,59
10	54,10	60,00	60,00	41,90	24,90	41,85	24,85	41,79	24,79
20	54,00	59,85	59,85	42,82	25,82	42,64	25,64	42,41	25,41
30	53,00	59,00	59,00	44,35	27,35	43,94	26,94	43,43	26,43
40	52,00	58,00	58,00	46,50	29,50	45,77	28,77	44,86	27,86
50	50,80	56,85	56,85	49,26	32,26	48,12	31,12	46,70	29,70
60	48,80	54,80	54,80	52,64	35,64	51,00	34,00	48,95	31,95
70	46,00	52,00	52,00	56,63	39,63	54,39	37,39	51,60	34,60
80	43,20	49,00	49,00	61,23	44,23	58,31	41,31	54,67	37,67
90	39,70	45,20	45,20	66,45	49,45	62,75	45,75	58,14	41,14
100	34,80	41,00	41,00	72,28	55,28	67,72	50,72	62,02	45,02



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 com relação a possível ocorrência de cavitação.

a) Condição I

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

b) 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) é 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 o **Quadro 2.5**:

NPSH(d) da 1ª ETAPA = 8,02 m

NPSH(d) da 2ª ETAPA = 8,02 m

NPSH(d) da 3ª ETAPA = 7,92 m

Logo temos:

- Verificação quanto as condições operacionais da 1ª ETAPA

$$8,02 > 1,70 + 0,50 = 2,20$$

$$8,02 > 1,70 \times 1,20 = 2,04$$

- Verificação quanto as condições operacionais da 2ª ETAPA

$$8,02 > 1,80 + 0,50 = 2,30$$

$$8,02 > 1,80 \times 1,20 = 2,16$$

- Verificação quanto as condições operacionais da 3ª ETAPA

$$7,92 > 2,00 + 0,50 = 2,50$$

$$7,92 > 2,00 \times 1,20 = 2,40$$

Conclui-se, portanto, que todas as condições foram atendidas.

2.2 – ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA (EEAT)

2.2.1 – Dimensionamento dos Conjuntos motobomba

2.2.1.1 – Altura Manométrica: Hman.

a) Dados para Dimensionamento

- Vazão da 1ª etapa.....14,08 L/s (2016)

- Vazão da 2ª etapa.....16,15 L/s (2026)

- Vazão da 3ª etapa.....18,24 L/s (2036)

- Nº de bombas..... Uma ativa e uma reserva

- Tubulação de recalque (ETA → RA em Antonina do Norte)

Material.....PVC

Diâmetro nominal.....200 mm

Pressão de Serviço..... 1 MPa

Comprimento 10.817,26m

Cota do terreno natural na ETA.....	353,90
Carga necessária na conexão adutora – RA	5,00 m
Cota do terreno natural no RA.....	401,62

- 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

b) Perda de carga distribuída (hd)

As perdas de carga distribuídas (hd) do sistema foram determinadas com emprego da fórmula universal, com fator de atrito calculado pela fórmula de Colebrook, ambas apresentadas no item 2.1.2.1. Nos **Quadros 2.6, 2.7 e 2.8** apresentam-se as perdas de carga ao longo da adutora, assim como, o desnível geométrico e a pressão necessária no início da mesma para as três etapas de implantação do projeto.

c) Perda de carga localizada (hl)

Para o cálculo das perdas de carga localizadas (hl) do sistema foi utilizada a

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

Entra arquivo Quadros.xls – Quadro 2.6

Entra arquivo Quadros.xls – Quadro 2.7

Entra arquivo Quadros.xls – Quadro 2.8

Total – 3 folhas

O **Quadro 2.9** apresenta os respectivos valores de h_l e h_d , referentes à sucção e ao barrilete das bombas da EEAT.

QUADRO 2.9 – PERDAS DE CARGA DISTRIBUÍDAS E LOCALIZADAS DA EEAT

PEÇA	K	DN (mm)	1º ETAPA			2º ETAPA			3º ETAPA		
			Q (L/s)	V.(m/s)	Hf (m)	Q (L/s)	V.(m/s)	Hf (m)	Q (L/s)	V.(m/s)	Hf (m)
Tubulação de Sucção											
Válvula de pé com Crivo	1,75	150	14,08	0,80	0,06	16,15	0,91	0,07	18,24	1,03	0,10
Toco L=3,20m		150	14,08	0,80	0,01	16,15	0,91	0,02	18,24	1,03	0,02
Curvas de 90°	0,40	150	14,08	0,80	0,01	16,15	0,91	0,02	18,24	1,03	0,02
Redução excêntrica	0,15	100	14,08	1,79	0,02	16,15	2,06	0,03	18,24	2,32	0,04
Total na sucção					0,10			0,14			0,18
Tubulação de Requalque (Barrilete)											
Redução normal	0,15	80	14,08	2,80	0,06	16,15	3,21	0,08	18,24	3,63	0,10
Curvas de 90°	0,40	150	14,08	0,80	0,01	16,15	0,91	0,02	18,24	1,03	0,02
Junta de desmonte		150	14,08	0,80	0,01	16,15	0,91	0,02	18,24	1,03	0,02
Curva de 90°	0,40	150	14,08	0,80	0,01	16,15	0,91	0,02	18,24	1,03	0,02
Toco L=1,50m		150	14,08	0,80	0,01	16,15	0,91	0,01	18,24	1,03	0,01
Curva de 90°	0,40	150	14,08	0,80	0,01	16,15	0,91	0,02	18,24	1,03	0,02
Válvula de retenção	2,50	150	14,08	0,80	0,08	16,15	0,91	0,11	18,24	1,03	0,14
Registro de gaveta	0,20	150	14,08	0,80	0,01	16,15	0,91	0,01	18,24	1,03	0,01
Toco L=2,00m		150	14,08	0,80	0,01	16,15	0,91	0,01	18,24	1,03	0,01
Curva de 90°	0,40	150	14,08	0,80	0,01	16,15	0,91	0,02	18,24	1,03	0,02
Toco L=5,00m		150	14,08	0,80	0,01	16,15	0,91	0,02	18,24	1,03	0,03
Redução normal	0,15	100	14,08	1,79	0,02	16,15	2,06	0,03	18,24	2,32	0,04
Válvula de macromedicação		100	14,08	1,79	1,00	16,15	2,06	1,10	18,24	2,32	1,30
Registro de gaveta	0,20	100	14,08	1,79	0,03	16,15	2,06	0,04	18,24	2,32	0,05
Toco L=5,00m		100	14,08	1,79	0,05	16,15	2,06	0,07	18,24	2,32	0,09
Ampliação	0,15	200	14,08	0,45	0,01	16,15	0,51	0,01	18,24	0,58	0,01
TOTAL NO BARRILETE					1,36			1,58			1,90

d) Determinação da Altura Manométrica (H_{man})

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

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

2.2.1.2 – Potência dos Motores

A potência dos conjuntos motobomba foi calculada pela expressão:

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

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 2.10** apresenta o dimensionamento dos conjuntos motobomba, assim como, suas características operacionais. A **Figura 2.2** apresenta o gráfico das cotas piezométricas.

2.2.1.3 – Curva da Bomba x Curva do Sistema – EEAT

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 do Sistema

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

- Característica do sistema da 1ª Etapa

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

$$k = \frac{73,00 - 55,83}{(50,71)^2} \therefore k = 0,006677$$

$$Q = 50,71 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H_{man} = 73,0 \text{ m}$$

$$H_0 = 55,83 \text{ m}$$

- Característica do sistema da 2ª Etapa

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

$$k = \frac{76,00 - 55,83}{(58,13)^2} \therefore k = 0,005969$$

$$Q = 58,13 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H_{man} = 76,0 \text{ m}$$

$$H_0 = 55,83 \text{ m}$$

- Característica do sistema da 3ª Etapa

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

$$k = \frac{79 - 55,83}{(65,67)^2} \therefore k = 0,005373$$

$$Q = 65,67 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H_{man} = 79 \text{ m}$$

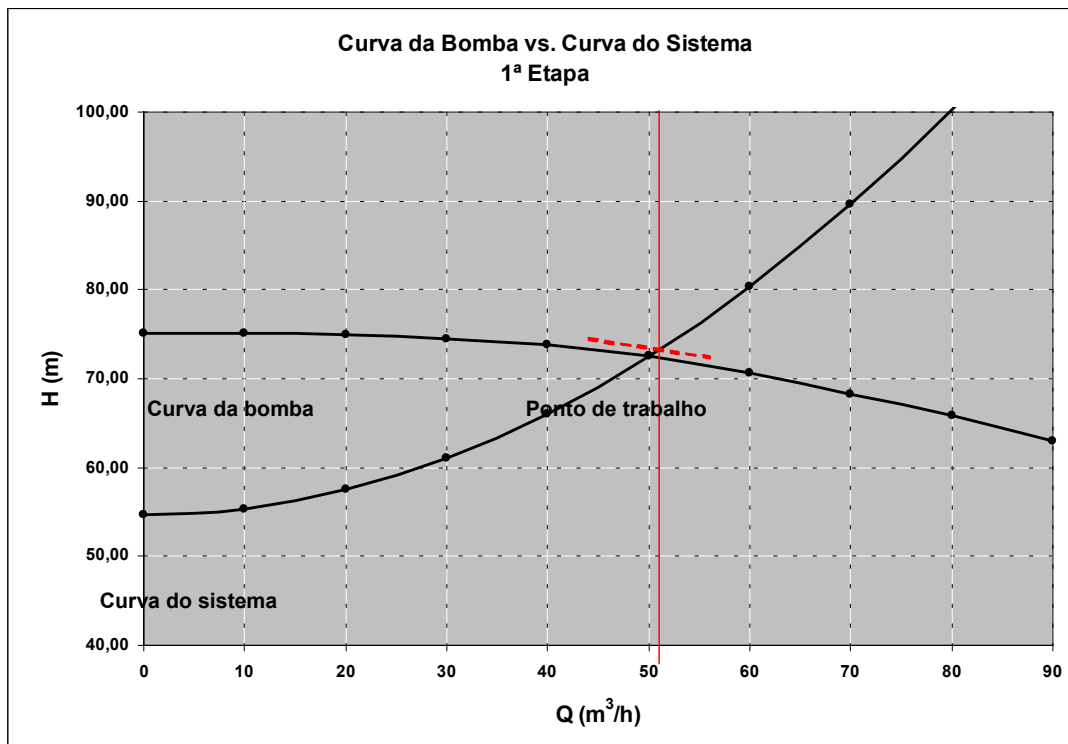
$$H_0 = 55,83 \text{ m}$$

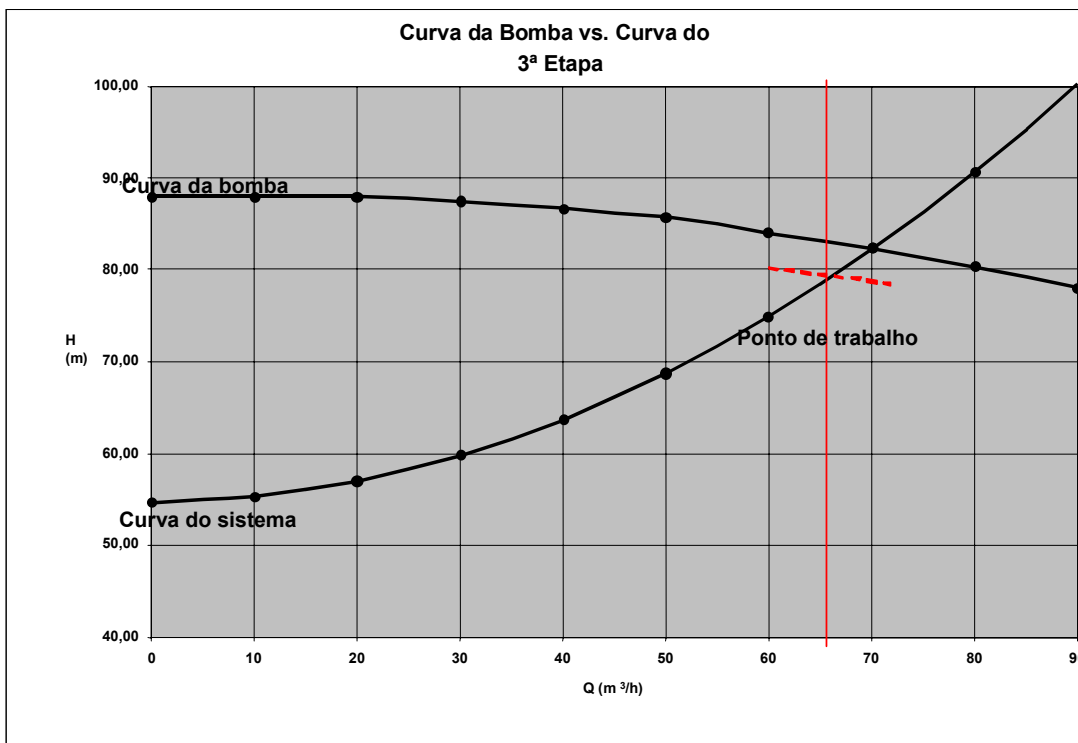
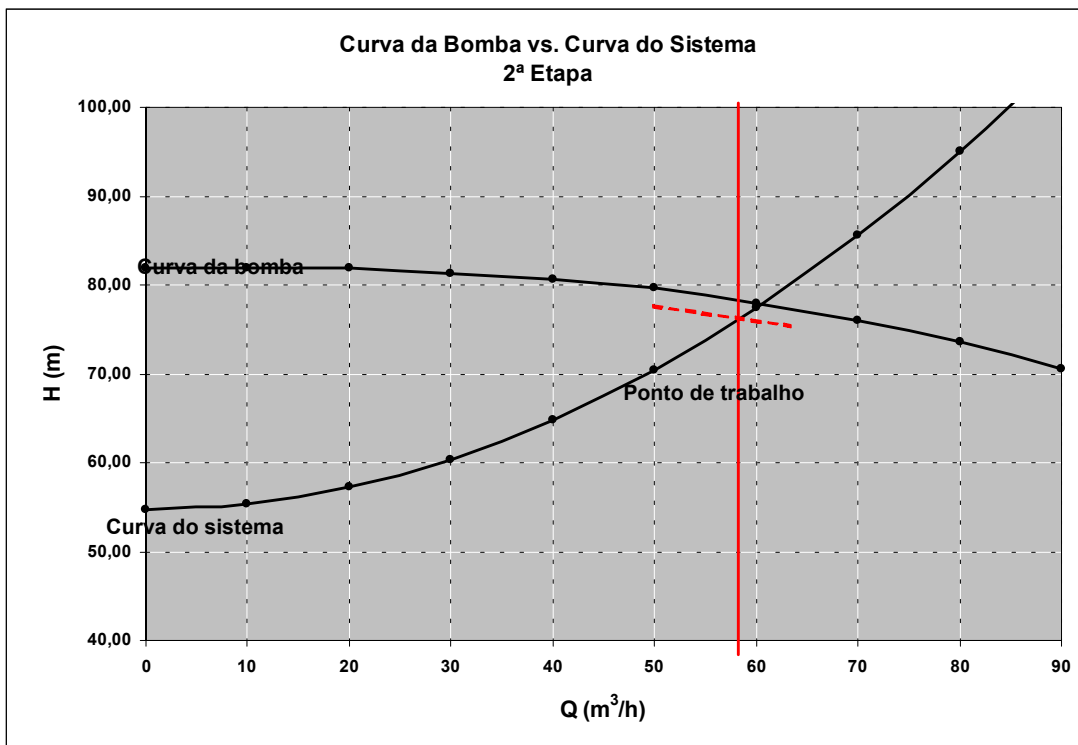
Entra QUADRO 2.10 (ARQUIVO - QUADROS.XLS/QUADRO 2.10) - 39

Entra FIGURA 2.2 (Cota Piezometrica) (ARQUIVO – FIGURA 2-2.DWG) - 40

Total – 2 folhas

VAZÃO	BOMBA			SISTEMA		
	1º ETAPA	2º ETAPA	3º ETAPA	1º ETAPA	2º ETAPA	3º ETAPA
Q (m³/h)	H (m)	H (m)	H (m)	H (m)	H (m)	H (m)
0	75,00	75,00	75,00	55,83	55,83	55,83
10	75,00	75,00	75,00	56,50	56,43	56,37
20	75,00	75,00	75,00	58,50	58,22	57,98
30	75,00	75,00	75,00	61,84	61,20	60,67
40	74,50	74,50	74,50	66,51	65,38	64,43
50	73,50	73,50	73,50	72,52	70,75	69,26
60	72,50	72,50	72,50	79,87	77,32	75,17
70	70,00	70,00	70,00	88,55	85,08	82,16
80	67,50	67,50	67,50	98,56	94,03	90,22
90	63,50	63,50	63,50	109,91	104,18	99,35
100	57,50	57,50	57,50	122,60	115,52	109,56





2.2.1.4 – Cavitação

Verificação das condições de operação das bombas com relação a possível ocorrência de cavitação.

a) Condição I

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

b) 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) é 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 o **Quadro 2.10**:

$$\text{NPSH(d) da 1ª ETAPA} = 6,32 \text{ m}$$

$$\text{NPSH(d) da 2ª ETAPA} = 6,32 \text{ m}$$

$$\text{NPSH(d) da 3ª ETAPA} = 6,32 \text{ m}$$

Logo temos:

– Verificação quanto as condições operacionais da 1ª ETAPA

$$6,32 > 1,75 + 0,50 = 2,25$$

$$6,32 > 1,75 \times 1,20 = 2,10$$

– Verificação quanto as condições operacionais da 2ª ETAPA

$$6,32 > 1,90 + 0,50 = 2,40$$

$$6,32 > 1,90 \times 1,20 = 2,28$$

– Verificação quanto as condições operacionais da 3ª ETAPA

$$6,32 > 2,00 + 0,50 = 2,50$$

$$6,32 > 2,00 \times 1,20 = 2,40$$

Conclui-se, portanto, que todas as condições foram atendidas.

2.3 – ADUÇÃO

2.3.1 – Estudo do Diâmetro Econômico das Tubulações Adutoras

2.3.1.1 – Critérios Adotados

No dimensionamento preliminar do sistema foi realizada uma avaliação do diâmetro econômico, ou seja, para iguais condições de vazão, comprimento e nível altimétrico, adotou-se o diâmetro que apresentou o menor custo final de investimento (implantação) e operação (gasto de energia e manutenção). O custo de investimento refere-se apenas ao custo de aquisição e implantação da tubulação, não sendo considerados, portanto, os custos referentes às unidades de bombeamento, já que estes são diminutos quando comparados com os 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).

Para cada trecho estudado foram feitas 04 (quatro) simulações com diâmetros distintos, tendo como base para a escolha 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 nos cálculos de perdas de carga nas tubulações.

2.3.1.2 – 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*
- 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.....FoFo/PVC/PRVC

As perdas de carga foram calculadas pela Fórmula Universal com fator de atrito (f) calculado pela fórmula de Colebrook, ambas apresentadas no capítulo 2.1.2.1.

A potência consumida em cada simulação está calculada pela seguinte fórmula:

$$PB = \frac{\gamma \times Q \times H}{75 \times n} \times FS \times 0,736$$

Onde:

PB = Potência consumida pelo sistema (kW);

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

Q = Vazão máxima diária (m³/s);

H = Altura manométrica total (m);

n = Rendimento da bomba (70%);

FS = Fator de serviço.

2.3.1.3 – Simulação

TUBULAÇÃO ADUTORA DE ÁGUA BRUTA – AAB

a) Dados

- Extensão.....2.977,0 m
- Vazão de recalque da 1ª etapa.....14,54 L/s
- Vazão de recalque da 2ª etapa.....16,67 L/s
- Vazão de recalque da 3ª etapa.....18,85 L/s
- Diâmetro (fórmula Bresse – K=1,20).....0,165 m

b) Resultados

Os diâmetros simulados foram de 150, 200, 250 e 300 mm. Os resultados foram os seguintes:

- DN = 100 mm R\$ 486.633,10
- DN = 150 mm R\$ 195.092,09
- DN = 200 mm R\$ 268.387,59
- DN = 250 mm R\$ 386.787,52

As planilhas de cálculo com resumos e resultados são apresentadas no **Anexo 1**.

TUBULAÇÃO ADUTORA DE ÁGUA TRATADA – AAT

a) Dados

- Extensão.....10.818,0
- Vazão de recalque da 1ª etapa.....14,54 L/s
- Vazão de recalque da 2ª etapa.....16,67 L/s
- Vazão de recalque da 3ª etapa.....18,85 L/s
- Diâmetro (fórmula Bresse – K=1,20).....0,165 m

b) Resultados

Os diâmetros simulados foram de 150, 200, 250 e 300 mm. Os resultados foram os seguintes:

- DN = 100 mm R\$ 1.704.603,21
- DN = 150 mm R\$ 893.891,72
- DN = 200 mm R\$ 970.972,66
- DN = 250 mm R\$ 1.395.431,37

As planilhas de cálculo com resumos e resultados são apresentadas no **Anexo 1**.

2.3.2 – Definição dos Diâmetros

A tubulação adutora de água bruta apresenta um trecho inicial em polietileno de alta densidade (PEAD), com diâmetro externo de 180,0 mm e extensão de 160,0 seguido de um trecho em PVC, com extensão de 3.031,0 m e diâmetro nominal de 150 mm, adotado em função de diâmetro econômico, conforme se observa no item 2.3.1.3.

Quanto a adutora de água tratada, com extensão de 10.817,26 m, optou-se por adotar o tubo PVC DEFoFo 1 MPa, DN 200, ao invés do tubo de RPVC, DN 150, 0 mm, que resultou ser o de menor custo no estudo do diâmetro econômico, em razão dos aspectos seguintes:

a) A pequena vazão de projeto em relação à altura manométrica, calculada com utilização do tubo DN 150, conduz o ponto de trabalho, requerido pelo sistema, para faixas de baixa eficiência nas curvas de bomba.

b) A altura manométrica, assim calculada, condiciona à escolha de bombas de alta rotação (3500 rpm), como pode ser constatado pela consulta a catálogos técnicos de fabricantes tradicionais, para atendimento às condições de projeto com equipamentos de uso corrente disponíveis no mercado.

Alta rotação implica em maiores riscos de cavitação e acelera o desgaste do rotor e carcaça da bomba, por efeito da abrasão de partículas em suspensão na água, o que acarreta a diminuição da vida útil do equipamento.

c) A elevação da altura manométrica, em razão do aumento da perda de carga, com a redução do diâmetro da adutora de 200 mm para 150 mm, faz elevar a potência requerida no eixo da bomba e, em consequência, a potência do motor elétrico acionador da mesma, que passa de 30,0 CV para 50,0 CV, além do que obriga a mudança do material e da classe de pressão do tubo, que passa do PVC, 1 Mpa, para PN 16 em RPVC. Sobre este último fato, como é sabido, há um período maior de registro de dados, quanto ao desempenho do tubo PVC, 1Mpa, com respeito a fatores como deformação, resistência a impactos, desgaste e estanqueidade das juntas e outros.

d) Para condução da vazão estipulada, em tubulação de diâmetro nominal de 200 mm, as menores velocidades encontradas foram: 1ª etapa: 0,42 m/s; 2ª etapa: 0,48 m/s e 3ª etapa: 0,54 m/s.

Sobre o assunto veja-se Azevedo Neto: "Manual de Hidráulica", 4ª edição, Editora Edgard Blücher, pag. 239:

"13.10 Velocidades médias comuns nas tubulações. Velocidades limites

I - Velocidade mínima

Para evitar deposições nas canalizações a velocidade mínima geralmente é fixada entre 0,25 e 0,40 m/s, o seu valor dependendo da qualidade da água. Para águas que contêm certos materiais em suspensão a velocidade não deve ser inferior a 0,60 m/s (no caso de esgoto, por exemplo)."

Sobre qualidade da água lembre-se que a adutora em referência transporta água tratada.

e) De acordo com as simulações de transiente hidráulico realizadas, a adoção do diâmetro de 200 mm exige, como dispositivos de proteção, a execução de tanque unidirecional em dois pontos ao longo do eixo da adutora, enquanto que na utilização de tubos de diâmetro 150 mm os dispositivos de proteção são um tanque unidirecional e uma chaminé de equilíbrio.

f) No orçamento estimativo apresentado no relatório de ante-projeto, os valores unitários dessas estruturas são: Tanque Unidirecional: R\$ 53.240,00

Chaminé e Equilíbrio: R\$ 78.500,00

Em relação à proteção do sistema, com respeito a transiente hidráulico, os custos respectivos seriam então,

- Com utilização de tubulação DN 150: R\$ 131.740,00

- Adotando tubulação DN 200 mm.....: R\$ 106.480,00

Por outro lado, os custos da tubulação constantes do referido relatório são:

- DN 200 mm R\$ 970.972,66

- DN 150 mm R\$ 893.891,72

Com relação a investimento inicial, a vantagem em termos de custo, de se adotar a tubulação de 150 mm ao invés da tubulação de 200 mm de diâmetro, considerados os respectivos dispositivos de proteção contra efeitos de transiente hidráulico, é de R\$ 51.820,00, o que representa apenas 5,79% do custo da tubulação de menor diâmetro. Porém é conveniente considerar os aspectos acima abordados.

CONCLUSÃO: Dessa maneira, destaca-se que a concepção do projeto adotando-se o diâmetro de 200 mm foi efetivada levando-se em consideração não apenas a variável custo mas também aspectos outros, quais sejam, o bom funcionamento do

sistema e a vida útil do equipamento de bombeamento, tendo por objetivo melhorar sua performance sem grande elevação de custo.

2.3.3 – Blocos de Ancoragem

Procedeu-se ao cálculo da ancoragem da adutora considerando:

a) 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.

b) 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 III-5-O-17/19-001.

2.3.4 – Movimento de Terra

Para instalação da tubulação adutora, foram estimados, com apoio na investigação geotécnica disponível (sondagens a pá e picareta a cada 200 m, ao longo do caminhamento dos trechos adutores), os volumes de material a escavar por categoria, assim como, o volume de areia fina que deverá atuar como leito nos trechos em que se fizer necessário: assentamento sobre materiais de 2ª e 3ª categorias.

Os volumes do material a escavar por categoria e respectivo percentual, em termos estimativos, são os seguintes:

Categoria	Volume (m³)	%
1 ^a	6.937,16	62,21
2 ^a	3.195,93	28,66
3 ^a	1.018,11	9,13

A quantidade de areia fina (leito) será em torno de 1.107,12 m³.

2.3.5 – Avaliação do Transiente Hidráulico e Equipamento de proteção

Em complementação ao estudo de transiente apresentado no Anteprojeto, procedeu-se a uma verificação das condições de operação das adutoras (AAB e AAT), quando da ocorrência de transientes hidráulicos, motivados por paralisação do equipamento de bombeamento, por corte de energia elétrica, com emprego de programa de computador. O software utilizado foi o Ctran, versão 7.0.2, desenvolvido pela Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica, de São Paulo-SP.

No tocante ao Sistema EEAB – AAB, as simulações efetuadas consideraram como condições de contorno:

- a) Para o sistema sem proteção: ponto inicial (nó 0): a bomba centrífuga indicada no projeto; nó final: reservatório apoiado (caixa de passagem).
- b) Para o sistema com proteção: ponto inicial (nó 0): a bomba centrífuga indicada no projeto; nó intermediário: válvula antecipadora de onda, Ø 4”, tipo “Bermad” Est. 8’; nó final: reservatório apoiado (caixa de passagem).

Os dados de entrada são apresentados no **Anexo 3**. Já os resultados obtidos, para ambos sistemas, são visualizados nos quadros e gráficos apresentados a seguir.

2.3.5.1 – Sistema EEAB-AAB-CAIXA DE PASSAGEM

a) Sistema sem proteção

Análise do Transiente Hidráulico sem Proteção

NÓ	COMPRIMENTO (M)		COTAS PIEZ. (M)			CARGA (M)		
	ENTRE NÓ	NO NÓ	MÁXIMA	MÍNIMA	TN	MÁXIMA*	MÍNIMA**	TUBO***
1	0,00	0,00	413,43	338,06	338,00	75,43	0,06	80
2	20,00	20,00	413,43	337,18	339,50	73,93	-2,32	80
3	60,00	80,00	405,14	334,09	341,20	63,94	-7,11	80
4	40,00	120,00	403,69	337,62	347,80	55,89	-10,18	80
5	40,00	160,00	405,15	343,54	357,00	48,15	-13,46	80
6	80,00	240,00	396,23	354,88	372,40	23,83	-17,52	100
7	40,00	280,00	388,72	364,74	369,80	18,92	-5,06	100
8	44,00	324,00	379,59	379,59	374,59	5,00	6,00	100

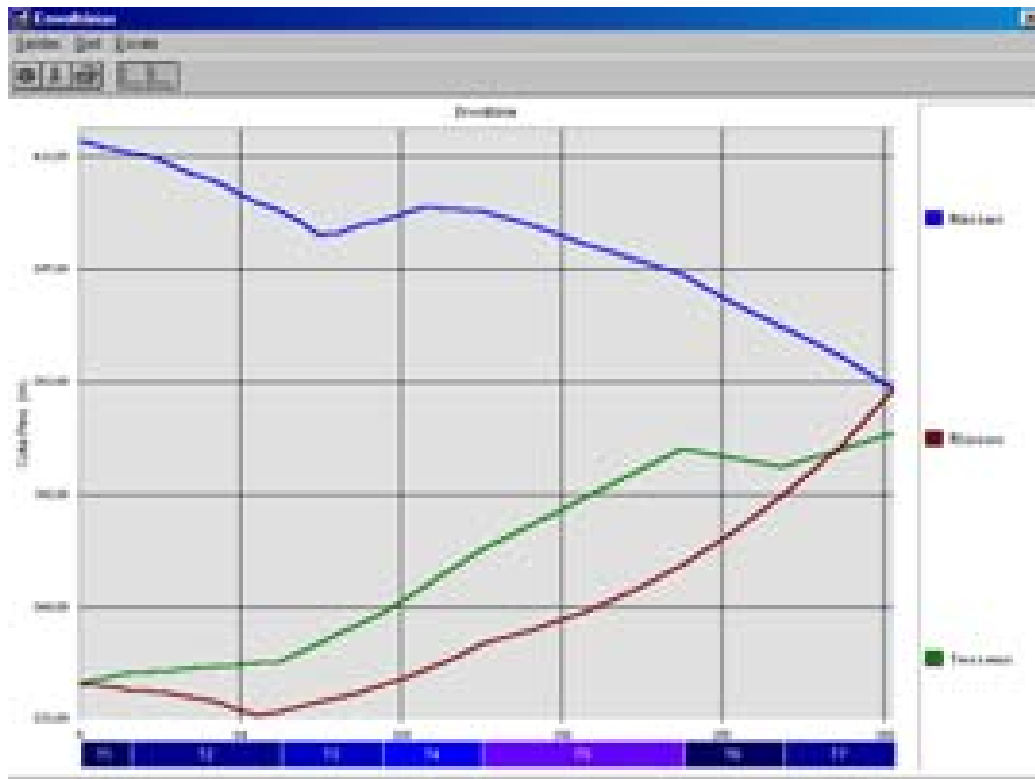
* Carga máxima do sistema

** Carga mínima do sistema

*** Carga máxima de serviço do tubo

Como pode ser observado, a envoltória das cotas piezométricas mínimas corta o terreno natural em quase toda a extensão do caminhamento da adutora

Gráfico das Envoltórias sem Proteção



b) Sistema com proteção

Na simulação do transiente hidráulico com proteção, considerou-se a colocação de uma válvula antecipadora de onda - Diâmetro: 100 mm - na Estaca 8' (cota 357,00) do caminhamento da adutora

Análise do Transiente Hidráulico com Proteção

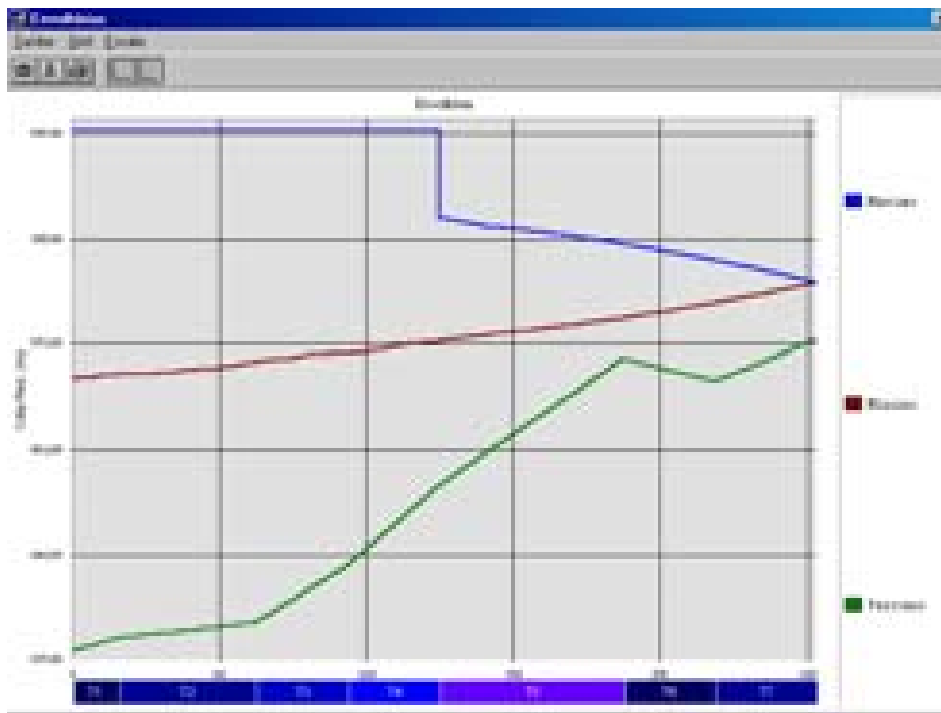
NÓ	COMPRIMENTO (M)		COTAS (M)			DISP. DE PROTEÇÃO		CARGA (M)		
	ENTRE NÓ	NO NÓ	MÁXIMA	MÍNIMA	TN	TIPO	ESTACA	MÁXIMA*	MÍNIMA**	TUBO***
1	0,00	0,00	397,41	369,18	338,00			75,43	0,06	80
2	20,00	20,00	397,40	369,65	339,50			73,93	-2,32	80
3	60,00	80,00	397,40	370,97	341,20			63,94	-7,11	80
4	40,00	120,00	397,40	371,99	347,80			55,89	-10,18	80
5	40,00	160,00	397,38	373,32	357,00	VA	8'	48,15	-13,46	80
6	80,00	240,00	384,35	375,92	372,40			23,83	-17,52	100
7	40,00	280,00	382,47	377,65	369,80			18,92	-5,06	100
8	44,00	324,00	379,59	379,59	374,59			5,00	6,00	100

* Carga máxima do sistema

** Carga mínima do sistema

*** Carga máxima de serviço do tubo

Gráfico das Envoltórias com Proteção



Como se verifica, pelo efeito obtido, a colocação de uma válvula antecipadora de onda, no ponto mencionado e com as características indicadas, dá solução ao problema.

2.3.5.2 – Sistema EEAT-AAT

a) Sistema sem proteção

Análise do Transiente Hidráulico sem Proteção

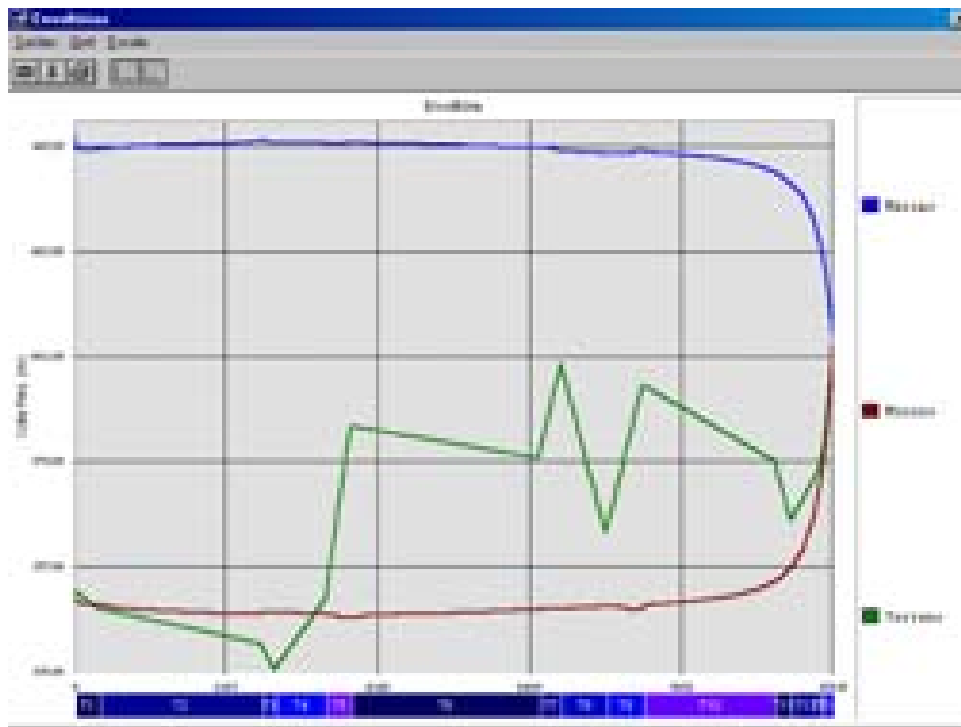
NÓ	COMPRIMENTO (M)		COTAS PIEZ. (M)			CARGA (M)		
	ENTRE NÓ	NO NÓ	MÁXIMA	MÍNIMA	TN	MÁXIMA*	MÍNIMA**	TUBO***
1	0,00	0,00	448,21	350,43	353,39	94,82	-2,96	100
2	343	343,00	444,60	349,08	349,36	95,24	-0,28	100
3	2320	2.663,00	446,30	347,43	342,03	104,27	5,40	100
4	200	2.863,00	445,74	347,56	336,71	109,03	10,85	100
5	720	3.583,00	445,72	347,16	351,33	94,39	-4,17	100
6	360	3.943,00	445,87	346,46	387,55	58,32	-41,09	100
7	2680	6.623,00	444,93	348,13	380,86	64,07	-32,73	100
8	320	6.943,00	444,15	348,31	400,56	43,59	-52,25	100
9	640	7.583,00	443,63	348,70	365,13	78,50	-16,43	100
10	520	8.103,00	444,17	348,52	396,15	48,02	-47,63	100
11	1880	9.983,00	439,65	354,04	380,49	59,16	-26,45	100
12	240	10.223,00	437,25	356,98	367,95	69,30	-10,97	100
13	400	10.623,00	425,90	372,96	378,36	47,54	-5,40	100
14	60	10.683,00	421,36	379,20	383,16	38,20	-3,96	100
15	135	10.818,00	405,27	405,27	401,62	3,65	3,65	100

* Carga máxima do sistema

** Carga mínima do sistema

*** Carga máxima de serviço do tubo

Gráfico das Envoltórias sem Proteção



Com o resultado obtido, constata-se que a envoltória das cotas piezométricas mínimas corta a linha do terreno natural entre as distancias acumuladas 3.399 e

10.700m. Deste ponto em diante a mencionada envoltória tem curso inferior á linha representativa do terreno natural, porém, diferindo desta por valores de pequena magnitude.

b) Sistema com proteção

Na simulação do transiente com proteção, considerou-se a colocação dos seguintes dispositivos de proteção no caminhamento da adutora:

- Tanque Unidirecional(TAU-1):
 - Estaca: 331
 - Cota TN: 387,55
 - Diâmetro: 2,00 m
 - Altura do nível d'água: 3,9 m
- Tanque Unidirecional(TAU-2):
 - Estaca: 481
 - Cota TN: 400,56
 - Diâmetro: 2,00 m
 - Altura do nível d'água: 3,9 m

Análise do Transiente Hidráulico com Proteção

NÓ	COMPRIMENTO (M)		COTAS (M)			DISP. DE PROTEÇÃO		CARGA (M)		
	ENTRE NÓ	NO NÓ	MÁXIMA	MÍNIMA	TN	TIPO	ESTACA	MÁXIMA*	MÍNIMA**	TUBO***
1	0,00	0,00	430,01	357,42	353,39			76,62	4,03	100
2	343,00	343,00	429,25	357,66	349,36			79,89	8,30	100
3	2.320,00	2.663,00	423,94	360,54	342,03			81,91	18,51	100
4	200,00	2.863,00	423,98	362,28	336,71			87,27	25,57	100
5	720,00	3.583,00	421,83	368,79	351,33			70,50	17,46	100
6	360,00	3.943,00	421,01	389,44	387,55	TAU	331	33,46	1,89	100
7	2.680,00	6.623,00	416,32	385,73	380,86			35,46	4,87	100
8	320,00	6.943,00	414,14	402,43	400,56	TAU	481	13,58	1,87	100
9	640,00	7.583,00	412,68	400,28	365,13			47,55	35,15	100
10	520,00	8.103,00	411,48	399,47	396,15			15,33	3,32	100
11	1.880,00	9.983,00	408,23	396,09	380,49			27,74	15,60	100
12	240,00	10.223,00	408,07	395,60	367,95			40,12	27,65	100
13	400,00	10.623,00	407,92	394,81	378,36			29,56	16,45	100
14	60,00	10.683,00	407,08	394,70	383,16			23,92	11,54	100
15	135,00	10.818,00	405,27	405,27	401,62			3,65	3,65	100

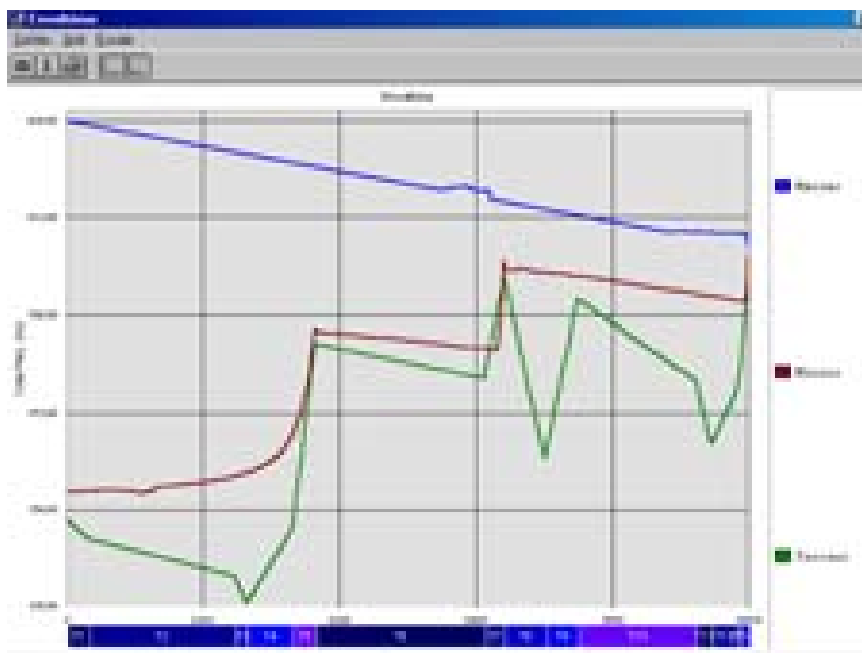
* Carga máxima do sistema

** Carga mínima do sistema

*** Carga máxima de serviço do tubo

TAU – Tanque unidirecional

Gráfico das Envoltórias com Proteção



Conforme pode ser observado, o emprego dos citados dispositivos de proteção contribui para solução do problema.

2.3.6 – Interligação Reservatório Apoiado Projetado → Reservatório Elevado Existente

1) Considerações

A interligação entre o reservatório apoiado proposto e o reservatório elevado existente, será efetuada por meio de tubulação de diâmetro nominal (DN) 150 mm, em PVC, DEFOFO, extensão de 571,02 m, complementada por trecho de 65,00 m em tubo PVC, DN 150 mm (início da rede de distribuição da cidade)

No dimensionamento do diâmetro do tubo considerou-se a vazão total destinada à cidade de Antonina do Norte no horizonte do projeto, que é de 17,7 l/s, e a diferença de nível geométrico entre o ponto onde será construído o RAP e o ponto onde está situado o Rel existente, estando este último 26,62 m abaixo do primeiro.

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

Cotas do TN, Níveis de Água e Cargas Máximas no RAP e no REL

RESERVATÓRIO	Cota TN (m)	Carga Máxima (m)	N.A.Máximo (m)
Apoiado (RAP)	401,623	3,70	405,323
Elevado (Exist.)	375,000	18,00	393,000

2) Dimensionamento

a) Perda de Carga na Tubulação (hfa)

$$hfa = 10,64(0,0177/140)^{1,85} \cdot (0,1546)^{-4,87} \cdot 636,02*$$

$$hfa = 3,49 \text{ m}$$

b) Perda de carga nas Conexões (hfc)

• Derivação do RAP

Item	Peça	DN(mm)/L(m)	Quantidade	L. eq. (m)
17	Extr.Ponta Flange	150 / 0,70	1	0,70
18	Reg.Gav.Chato	150	1	1,10
19	Toco c/ Flanges	150 / 0,25	1	0,25
20	Junta Desmont.	150	1	0,00
21	Tubo c/ Flanges	150 / 1,00	1	1,00
22	Curva 90 °	150	1	2,50
23	Tubo c/ Flanges	150 / 1,00	1	1,00
24	Curva 90 °	150	1	2,50
Sub-total 1				9,05

• Conexão com a Rede de Distribuição

Item	Peça	DN (mm)	Quantidade	L. eq. (m)
25	Junção	150/150	1	4,50
26	Reg.Gav. Chato		1	1,1
Sub-total 2				5,60

Sub-total 1 + Sub-total 2 = 13,55

*() L=636,02 m: trecho projetado (tubo pvc, DN 150, L=571,02 m) + trecho inicial da rede de distribuição: L=65,0 m, tubo PVC,

DN 150

$$hfc = 10,64 (0,0177 / 140)^{1,85} \cdot (0,1564)^{-4,87} \cdot 14,65$$

$$hfc = 0,08 \text{ m}$$

c) Perda de carga total (hft)

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

$$h_{ft}=3,49+0,08$$

$$h_{ft}=3,57 \text{ m}$$

d) Carga Hidrodinâmica Mínima Excedente (Δh_d)

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

$$\Delta h_d = 401,623 - (375,000 + 18,000 + 3,57)$$

$$\Delta h_d = 5,053 \text{ m}$$

Na **Figura 2.3** é apresentado o desenho com as cotas piezométricas.

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.

3) Transiente Hidráulico

O escoamento entre o RAP e o REL será gravitativo e a operação de válvulas de controle (registros) será manual. O transiente hidráulico é então analisado com utilização da fórmula de Michaud para fechamento lento, considerando que o problema que poderia se apresentar seria o da sobre-pressão. No caso presente, o ponto crítico da tubulação estará situado 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/s²);

t – tempo de manobra (s);

h_a – sobre-pressão (m)

Entra figura 2.3

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

$$T = 2L/C$$

Onde: T – período da tubulação (s)

L – comprimento da tubulação (neste caso L = 636,02 m);

C – celeridade da onda (m/s)

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

Para:

k=18 (tubo de PVC);

D = 0,1564 m (diâmetro interno);

e = 0,0068 m (espessura da parede do tubo).

Tem-se:

C = 460,00 m/s, então,

T = 2x636,02/460 = 2,76 s

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

h_a : sobre-pressão admitida

P_s : pressão de serviço do tubo: 1MPa

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

Considerando as situações extremas e simultâneas de nível de água nos dois reservatórios, para determinação do tempo mínimo de fechamento $t = 2LV/gh_a$, obtem-se o seguinte:

<u>Situação</u>	<u>t(s)</u>
1.0 – RAP vazio/REL vazio *	1,62
2.0 – RAP vazio/REL cheio	1,29
3.0 – RAP cheio/REL vazio	1,46
4.0 – RAP cheio/REL cheio	1,36

CONCLUSÃO: Para todas as situações observadas $t < T$ (manobra rápida). Então, para que a pressão não ultrapasse 1 Mpa (pressão de serviço da tubulação) a manobra de fechamento da válvula deve ser executada em tempo superior a 2,76 s, que corresponde ao período da tubulação, o que na prática não acarreta qualquer problema, vez que a operação de que se cogita 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 dupla filtração, composta de uma câmara de carga com aerador (torre piezométrica), três filtros de corrente ascendente e três de corrente descendente 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 rápidos. 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 a análise físico-química e bacteriológica de uma amostra de água coletada no dia 19/10/2004 no riacho Mamoeiro, próximo ao local do barramento, a qual está apresentada no **Quadro 2.11**.

QUADRO 2.11 – CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIACHO DO MEIO

Parâmetros	Índice	
	Amostra	
Turbidez	11 F TU	Turbidez
Cor	85,0 UH	Cor
PH	7,75	PH
Dureza	262,96mg/LCaCO ³	Dureza
Cloretos	130,0 mg Cl-/L	Cloretos
Cloro total	Ausência	Cloro total
Sulfatos	8,0 mg/L SO ₄ ²⁻	Sulfatos
Ferro total	0,90 mg Fe/L	Ferro total
Nitratos	0,90 mg/LN	Nitratos
Sólidos Totais	622,20 mg/L	Sólidos Totais

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. Com relação ao ferro, este deverá ter sua concentração diminuída, após a formação do lago decorrente da construção da barragem. Vale ressaltar que, depois da execução da barragem, deverá ser coletada água, para que se obtenham resultados de análise físico-química mais fidedignos.

Em razão do que foi exposto conclui-se que, submetida a um processo de tratamento à base de 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 etapa.....14,54 L/s
- Vazão da 2ª etapa.....16,67 L/s
- Vazão da 3ª etapa.....18,85 L/s
- Tempo Máximo Diário de Operação da ETA (td).....20 horas
- Taxa de Filtração Máx. Diário do Fluxo Ascendente(Tfa).....120 m³/m² x dia
- Taxa de Filtração Máx. Diário do Fluxo Descendente(Tfd).....200 m³/m² x dia

2.4.2.2 – Dimensionamento do Filtro de Fluxo Ascendente (Aft)

a) Área Filtrante Total (Aft)

$$Aft = \frac{Q}{Tf}$$

$$= \frac{0,01454 \times 72000}{120} = 8,72 \text{ m}^2 \quad (1^{\text{a}} \text{ Etapa})$$

$$= \frac{0,01667 \times 72000}{120} = 10,00 \text{ m}^2 \text{ (2ª Etapa)}$$

$$= \frac{0,01885 \times 72000}{120} = 11,31 \text{ m}^2 \text{ (3ª Etapa)}$$

b) Número Mínimo de Unidades Filtrantes (N)

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

$$\mathbf{c} = \frac{72000 \times 18,85}{1.000.000} = 1,35 \text{ milhões de L/dia}$$

$$\mathbf{N = 1,4 \sqrt{1,35} = 1,63}$$

Para atendimento diário de oferta d água projetada há necessidade, portanto de no mínimo 2 (dois) filtros. Adotaram-se, no entanto, 3 (três) filtros, tendo em vista as vantagens seguintes:

- Permitir modulação na instalação e operação da ETA;
- Minimizar a potência das bombas de lavagem e capacidade do reservatório elevado da ETA.

a) Área de cada Filtro (Af)

$$\mathbf{Af = \frac{Aft}{N} = \frac{11,31}{3} = 3,77 \text{ m}^2}$$

b) Diâmetro de cada Filtro do Fluxo Ascendente (Df)

$$Df = \sqrt{(4 * Af)/\pi} = 2,19\text{m}$$

Adotou-se o diâmetro de 2,50m, com área filtrante de 4,91 m² (AFa).

c) Taxa de Filtração Máxima Diária (Tf)

$$Tf = ((Q/1000) * Td * 3600) / (Afa * N) = 92,15 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{dia}$$

d) Taxa de Filtração com 1 Filtro em Lavagem (Tf)

$$Tf = ((Q/1000) * Td * 3600) / (Afa * (N-1)) = 138,23 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{dia}$$

2.4.2.3 – Dimensionamento do Filtro de Fluxo Descendente (Aft)

a) Área Filtrante Total (Aft)

$$\mathbf{Aft} = \frac{\mathbf{Q}}{\mathbf{Tf}}$$
$$= \frac{0,01454 \times 72000}{200} = 5,23 \text{ m}^2 \quad (1^{\text{a}} \text{ Etapa})$$

$$= \frac{0,01667 \times 72000}{200} = 6,00 \text{ m}^2 \quad (2^{\text{a}} \text{ Etapa})$$

$$= \frac{0,01885 \times 72000}{200} = 6,79 \text{ m}^2 \quad (3^{\text{a}} \text{ Etapa})$$

b) Número Mínimo de Unidades Filtrantes (N)

Numero igual ao filtro ascendente, ou seja, três filtros.

c) Área de cada Filtro (Af)

$$\mathbf{Af} = \frac{\mathbf{Aft}}{\mathbf{N}} = \frac{6,79}{3} = 2,26 \text{ m}^2$$

d) Diâmetro de cada Filtro descendente (Df)

$$Df = \sqrt{(4 * Af) / \pi} = 1,70 \text{ m}$$

Adotou-se o diâmetro de 2,00m, com área filtrante de 3,14 m²(AFa).

a) Taxa de Filtração Máxima Diária (Tf)

$$Tf = ((Q/1000) * Td * 3600) / (Afa * N) = 144,00 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{dia}$$

b) Taxa de Filtração com 1 filtro em lavagem (Tf)

$$Tf = ((Q/1000) * Td * 3600) / (Afa * (N-1)) = 215,98 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{dia}$$

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

2.4.3.1 – Vazão de lavagem dos filtros de fluxo ascendente(q)

$$q = v \times A$$

Onde:

v – velocidade de lavagem (m/min), adotado v=1,10 m/min

A – área de cada filtro (m²)

Então:

$$q = \frac{1,10 \times 4,91}{60} = 0,090 \text{ m}^3/\text{s}$$

2.4.3.2 – Volume de lavagem dos filtros de fluxo ascendente (VI)

$$VI = q \times T$$

Onde:

q – Vazão de lavagem (m³/s)

T – Tempo de lavagem (min), adotado 15 minutos

Então:

$$VI = 0,090 \times 15 \times 60 = 81,00 \text{ m}^3.$$

2.4.3.3 – Vazão de lavagem dos filtros de fluxo descendente(q)

$$q = v \times A$$

Onde:

v – velocidade de lavagem (m/min), adotado v=0,65 m/min

A – área de cada filtro (m²)

Então:

$$q = \frac{0,65 \times 3,14}{60} = 0,034 \text{ m}^3/\text{s}$$

2.4.3.4 – Volume de lavagem dos filtros de fluxo descendente (VI)

$$VI = q \times T$$

Onde:

q – Vazão de lavagem (m³/s)

T – Tempo de lavagem (min), adotado 10 minutos

Então:

$$VI = 0,034 \times 10 \times 60 = 20,4 \text{ m}^3.$$

2.4.3.5 – Vazão na interfase (q)

$$q = v \times A$$

Onde:

v – velocidade de lavagem (m/min), adotado v=0,50 m/min

A – área de cada filtro (m²)

Então:

$$q = \frac{0,50 \times 4,91}{60} = 0,041 \text{ m}^3/\text{s}$$

2.4.3.6 – Volume na interfase (VI)

$$VI = q \times T$$

Onde:

q – Vazão de lavagem (m³/s)

T – Tempo de lavagem (min), adotado 1 minuto

Então:

$$VI = 0,041 \times 1 \times 60 = 2,46 \text{ m}^3.$$

2.4.3.7 – 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 escritório e o volume de demanda da localidade de Luziana que é de 14,56 m³.

$$VRE = ((81,0+20,4+2,46) \times 1,05) + 14,56 = 123,62 \text{ m}^3$$

Adotado: Vol. de 150 m³.

2.4.3.8 – Volume do 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 Antonina do Norte.

2.4.3.9 – Bombas de Recalque

– Vazão (Qre)

- Te = tempo de enchimento do RE = 90,0 min

- Qre = VRE/Te x 60 = 0,028 m³/s ou 28,0 L/s

– Altura manométrica (Hman)

Para determinação da altura manométrica (Hman), consideraram-se as perdas de carga constantes do quadro abaixo, calculadas pelas fórmulas apresentadas no item 2.1.2.1.

PEÇA	K	D (mm)	Q (l/s)	Vel (m/s)	Hf (m)
Válvula de pé com crivo	0,75	150	28,00	1,58	0,10
Toco L=2,50m		150	28,00	1,58	0,10
Curvas de 90°	0,40	150	28,00	1,58	0,10
Toco L=0,70m		150	28,00	1,58	0,10
Redução excêntrica	0,15	100	28,00	3,57	0,10
1 - TOTAL DA SUCÇÃO					0,50
Redução normal	0,30	80	28,00	5,57	0,50
Curvas de 90°	0,40	150	28,00	1,58	0,10
Junta de desmonte		150	28,00	1,58	0,10
Curvas de 90°	0,40	150	28,00	1,58	0,10
Toco L=1,50m		150	28,00	1,58	0,10
Curvas de 90°	0,40	150	28,00	1,58	0,10
Válvula de retenção	2,50	150	28,00	1,58	0,40
Registro de gaveta	0,20	150	28,00	1,58	0,10

PEÇA	K	D (mm)	Q (l/s)	Vel (m/s)	Hf (m)
Tubulação de barrilete L=6,00m		150	28,00	1,58	0,20
Curva de 90°	0,40	150	28,00	1,58	0,10
Curva de 45°	0,40	150	28,00	1,58	0,10
Total do barrilete					1,90
Tubulação de recalque L=36,00m		150	28,00	1,58	0,60
Total					3,00

2.4.3.10 – Potência dos Motores

A potência dos motores (Pm) foi determinada pela expressão:

$$P_m = \gamma \cdot Q \cdot H_{man} \cdot f / 75 \cdot N$$

Onde, γ : peso específico da água (1000 kg/m³)

Q: vazão (m³/s)

H_{man}: altura manométrica (mca)

N: eficiência da bomba

f: acréscimo de potência --> $P_m = f P_b$ (P_b: potência da bomba)

No **Quadro 2.12** estão apresentados os dados resultantes do dimensionamento dos conjuntos motobomba de lavagem dos filtros e suas características principais.

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 2.13**.

ARQUIVO - QUADROS.XLS/QUADRO 2.12

ARQUIVO - QUADROS.XLS/QUADRO 2.13

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 demandado diariamente.

2.5.2 – Dimensionamento da Reservação

2.5.2.1 – Fórmula Utilizada

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

Onde:

Q - vazão máxima diária (L/s);

Td – Tempo máximo de funcionamento diário.

2.5.2.2 – Dimensionamento da Reservação

De posse dos valores resultantes da aplicação da expressão acima, com utilização dos dados correspondentes a cada localidade, procedeu-se a um cotejo entre a reservação existente e a necessária para armazenamento diário, onde se constata a necessidade, a partir da 1ª Etapa, de ampliação da reservação na cidade de Antonina do Norte e execução de reservatório em Vila Luziana, conforme pode ser visto no **Quadro 2.14**.

QUADRO 2.14 - Volumes de Reservação Existentes e Necessários

LOCALIDADE	EXISTENTE			NECESSÁRIO			COMPLEMENTAÇÃO		
	RA	RE	TOTAL	1º ETAPA	2º ETAPA	3º ETAPA	1º ETAPA	2º ETAPA	3º ETAPA
Sede do município	0,00	200,00	200,00	328,30	376,30	424,76	128,30	176,30	224,76
Vila Luziana	0,00	0,00	0,00	10,90	12,59	14,56	10,90	12,59	14,56
Várzea Nova	50,00	0,00	50,00	9,74	11,25	13,01	0,00	0,00	0,00
TOTAL		200,00	250,00	339,20	388,90	439,32	139,20	188,90	239,32

Os **Quadros 2.15 e 2.16** apresentam o resultado do cálculo do volume de água fluante, que corresponde a percentual do volume necessário de armazenamento (1/3 da demanda diária) que estará disponível à população por gravidade.

QUADRO 2.15 – Percentual de água fluante (%)

HORAS	(% CONS. MÉDIO	(% CONS. NO INTERVALO	ÁGUA ADUZIDA (horas)		BALANÇO SUPERRÁVIT/ DÉFICT	
			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 2.16 – Volume de Água Flutuante (m³)

LOCALIDADE	VOLUME FLUTUANTE		
	1º ETAPA	2º ETAPA	3º ETAPA
Sede do município	54,72	62,72	70,79
Vila Luziana	1,82	2,10	2,43
Várzea Nova	1,62	1,88	2,17
TOTAL	58,16	66,69	75,39

Analisando os **Quadros 2.15 e 2.16**, constata-se que, para a cidade de Antonina do Norte, a reservação existente em reservatório elevado comporta, com folga, o volume fluante.

Quanto à reservação diária total, parte do volume será acumulado no reservatório elevado existente na cidade, cuja capacidade é de 200,0 m³, o qual se encontra em bom estado de conservação, de acordo com observação "in loco" e em perfeitas condições de funcionamento, segundo o encarregado local da CAGECE.

Com relação à sua participação no atendimento à população da sede do município, esse reservatório dará uma contribuição de 47,0 %, em termos volumétricos, no horizonte do projeto.

Para atender a complementação da reservação total, projetou-se um reservatório apoiado de 200,0 m³, a ser construído na periferia da cidade, estaca 674+14,26 m (cota 401,623), do caminhamento da adutora, o qual, a par de ter domínio topográfico sobre toda a área urbana, inclusive zona de expansão da cidade, garantirá, juntamente com o reservatório existente e fração (24,76 m³) do volume de acumulação do reservatório apoiado de 150,0 m³ (Poço de sucção a EEAT: Vila Luziana) a oferta d'água prevista para a sede do município no horizonte do projeto.

Para Vila Luziana a reservação será no reservatório elevado da ETA, cujo volume de 150,0 m³ atenderá a oferta d'água destinada àquela localidade, e a vazão necessária para lavagem dos filtros e casa de química.

Para a localidade de Várzea Nova, será utilizado o reservatório apoiado componente do projeto de abastecimento d'água para aquela localidade (Projeto São José), que tem capacidade de 50,0 m³ e está localizado em ponto cuja cota permite a adução d'água, por gravidade, para aquele povoado.

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 QDLF (Casa de Comando da EEAB)

2.6.3.1 – Alimentação do Circuito 1: Iluminação e tomada

a) Dados

Carga:

1 luminária com 2 lâmpadas fluorescentes de 32W/220V.....	64 W
1 luminárias com 1 lâmpada pl de 25W/220V.....	25 W
1 tomada 15 A/220V, 2P+T.....	100 W
Carga total:.....	189 W

$$I_{IL} = 0,91 \text{ A}$$

$$L = 3,0 \text{ m}$$

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

Cabo estimado: 1,5mm²

b) Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{0,91 \times 3 \times 0,94}{56 \times 1,5} = 0,03\text{V}$$

$$\Delta U\% = \frac{0,03}{220} \times 100 = 0,01\%$$

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

c) Proteção do circuito

$$I_p = 1,15 \times 0,91 = 1,05 \text{ A}$$

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

2.6.3.2 – Alimentação do Circuito 2: Iluminação do Pátio

a) Dados

Carga:

1 luminária com 1 lâmpada VM de 250W/220V.250 W.

Carga total:.....250 W.

$$I_{IL} = 1,21 \text{ A}$$

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

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

Cabo estimado: 1,5mm²

b) Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{1,21 \times 20 \times 0,94}{56 \times 1,5} = 0,27V$$

$$\Delta U\% = \frac{0,27}{220} \times 100 = 0,12\%$$

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

c) Proteção do circuito

$$I_p = 1,15 \times 1,12 = 1,39A$$

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

2.6.3.3 – Alimentador Geral (QGBT ao **QDLF**)

a) Dados

$$I_T = 2,12A$$

$$U = 380 V$$

$$L = 4,0m$$

Cabo estimado: 1,5mm²

b) Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{2,12 \times \sqrt{3} \times 4 \times 0,94}{56 \times 1,5} = 0,16V$$

$$\Delta U\% = \frac{0,16}{380} \times 100 = 0,04\%$$

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

c) Proteção da Cablagem de BT

$$I_T \times 1,15 = 2,12 \times 1,15 = 2,44 A$$

Será adotado disjuntor termomagnético trifásico de 10A.

2.6.4 – Memória de Cálculo QGBT da EEAB

2.6.4.1 – Alimentação do Circuito 1: Iluminação do Flutuante

a) Dados

Carga:

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

Carga total:..... 72 W.

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

$$L = 170 \text{ m}$$

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

Cabo estimado: 2,5mm²

b) Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{0,34 \times 170 \times 0,94}{56 \times 2,5} = 0,39 \text{ V}$$

$$\Delta U\% = \frac{0,39}{220} \times 100 = 0,18\%$$

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

c) 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 15 A.

2.6.4.2 – Alimentação do Circuito 2: Tomada Uso Comum do Flutuante

a) Dados

Carga:

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

Carga total:.....100 W.

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

$$L = 170 \text{ m}$$

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

Cabo estimado: 2,5mm²

b) Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{0,97 \times 170 \times 0,94}{56 \times 2,5} = 1,11\text{V}$$

$$\Delta U\% = \frac{1,11}{220} \times 100 = 0,50\%$$

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

c) 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.

2.6.4.3 – Alimentação do Circuito 3: **Tomada de Força no Flutuante**

a) Dados

Tomada de força 32 A / 380 V =10.000 W

TOTAL =10.000 W

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

$$L = 170 \text{ m}$$

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

Cabo estimado: 10,0mm²

b) Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{16,16 \times \sqrt{3} \times 170 \times 0,94}{56 \times 10,0} = 7,99V$$

$$\Delta U\% = \frac{7,99}{380} \times 100 = 2,10\%$$

Logo o condutor adotado será 10,0mm² para fase, 10,0mm² para neutro e 10,0mm² para proteção.

c) Proteção do Circuito

$$I_p = 1,50 \times 16,16 = 24,24A$$

Adotado o disjuntor termo magnético trifásico 25A.

2.6.4.4 – Alimentação do Circuito 4: **Alimentação dos Motores CCM1 (Flutuante)**

a) Dados

P=20CV (1ª ETAPA)	P=25CV (1ª E 2ª ETAPAS)
$I_M = 28,47A$	$I_M = 35,15A$
$I_M = (1,25 \times 28,47) = 35,58A$	$I_M = (1,25 \times 35,15) = 43,94A$
$L = 170m$	$L = 170m$
$U = 380V$	$U = 380V$
Cabo estimado = 16 mm ²	Cabo estimado = 16 mm ²

b) Pela Corrente Nominal dos Motores

20CV (1ª ETAPA)

$$\Delta U = \frac{28,47 \times \sqrt{3} \times 170 \times 0,85}{56 \times 16} = 7,96V$$

$$\Delta U\% = \frac{7,96}{380} \times 100 = 2,10\%$$

25CV (2ª E 3ª ETAPAS)

$$\Delta U = \frac{35,15 \times \sqrt{3} \times 170 \times 0,85}{56 \times 16} = 9,82V$$

$$\Delta U\% = \frac{9,82}{380} \times 100 = 2,58\%$$

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

20CV (1ª ETAPA)

$$I_p = (6 \times 28,47)/3 = 56,94A$$

$$\Delta U = \frac{56,94 \times \sqrt{3} \times 170 \times 0,85}{56 \times 16} = 15,91V$$

$$\Delta U\% = \frac{15,91}{380} \times 100 = 4,19\%$$

25CV (2ª E 3ª) ETAPAS)

$$I_p = (6,8 \times 35,15)/3 = 79,67A$$

$$\Delta U = \frac{79,67 \times \sqrt{3} \times 170 \times 0,85}{56 \times 16} = 22,25V$$

$$\Delta U\% = \frac{22,25}{380} \times 100 = 5,85\%$$

Logo será adotado para os motores:

Cabo de cobre isolado de 16mm² para fases; 16mm² para o neutro e 16mm² para proteção em todas as etapas do projeto.

d) Cálculo da Proteção dos Motores.

20CV (1ª ETAPA)	25CV (2ª E 3ª ETAPAS)
Fusível: 1,15 x 28,47A=32,70A	Fusível: 1,15 x 35,15A=40,42A
Disjuntor: 1,15 x 28,47A=32,70A	Disjuntor: 1,15 x 35,15A=40,42A

Logo será adotado para os motores:

Disjuntor termomagnético tripolar de 40 A e fusível NH Ultra Rápido de 40A.

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

a) Dados

P=20CV (1ª ETAPA)	P=25CV (1ª E 2ª ETAPAS)
$I_T = (1,25 \times 28,47) = 35,58A$	$I_T = (1,25 \times 35,15) = 43,94A$
$I_T = 35,58A$	$I_T = 43,94A$
$U = 380 V$	$U = 380 V$
$L = 1m$	$L = 1m$
Cabo estimado: 10 mm ²	Cabo estimado: 10 mm ²

b) Pela Queda de Tensão

20CV (1ª ETAPA)

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

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

25CV (2ª E 3ª ETAPAS)

$$\Delta U = \frac{43,94 \times \sqrt{3} \times 1 \times 0,85}{56 \times 10} = 0,11V$$

$$\Delta U\% = \frac{0,11}{380} \times 100 = 0,03\%$$

Logo o condutor adotado será 10mm² para fase, 10mm² para neutro e 10mm² para proteção nas três etapas do projeto.

c) Proteção Geral do Alimentador do CCM1

$$I_T \times 1,15 = 35,58 \times 1,15 = 40,91 A \text{ (1ª ETAPA)}$$

$$I_T \times 1,15 = 43,94 \times 1,15 = 50,53 A \text{ (2ª E 3ª ETAPAS)}$$

Será adotado disjuntor termomagnético trifásico de 50 A.

2.6.4.6 – Alimentador Geral (Medição ao QGBT)

a) Dados

(1ª ETAPA)	(1ª E 2ª ETAPAS)
$I_T=2,12+0,34+0,97+16,16+28,47$	$I_T=2,12+0,34+0,97+16,16+35,15$
$I_T = 48,06A$	$I_T = 54,74A$
$U = 380 V$	$U = 380 V$
$L = 5m$	$L = 5m$
Cabo estimado: 16 mm ²	Cabo estimado: 16 mm ²

b) Pela Queda de Tensão

(1ª ETAPA)

$$\Delta U = \frac{48,06 \times \sqrt{3} \times 5 \times 0,85}{56 \times 16} = 0,39V$$

$$\Delta U\% = \frac{0,39}{380} \times 100 = 0,10\%$$

(2ª E 3ª ETAPAS)

$$\Delta U = \frac{54,74 \times \sqrt{3} \times 5 \times 0,85}{56 \times 16} = 0,45V$$

$$\Delta U\% = \frac{0,45}{380} \times 100 = 0,12\%$$

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

c) Proteção da Cablagem de BT

$$I_T \times 1,15 = 48,06 \times 1,15 = 55,27A \text{ (1ª ETAPA)}$$

$$I_T \times 1,15 = 54,74 \times 1,15 = 62,95 \text{ (2ª E 3ª ETAPAS)}$$

Será adotado disjuntor termomagnético de trifásico 70A.

2.6.4.7 – Potência do Transformador de Força da EEAB

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

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

$$a = 0,414 \quad Fu = 1$$

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

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

$$c = 0$$

$$d = 0$$

$$e = 0$$

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

1ª ETAPA

$$D = \frac{0,70 \times 0,414}{0,94} + ((0,87 \times 20 \times 1) \times 1) + 14,553$$

$$D = 0,31 + 17,40 + 14,553 \Rightarrow D = 32,26 \text{ KVA} \Rightarrow \text{Adotado } 45 \text{ KVA}$$

b) Alimentação do transformador à medição:

O condutor adotado será 25mm² para fase, 16mm² para neutro.

c) Proteção do Transformador

Será adotado disjuntor termomagnético trifásico de 100A .

2ª e 3ª ETAPAS

$$D = \frac{0,70 \times 0,414}{0,94} + ((0,87 \times 25 \times 1) \times 1) + 14,553$$

$$D = 0,31 + 21,75 + 14,553 \Rightarrow D = 36,61 \text{ KVA} \Rightarrow \text{Adotado } 45 \text{ KVA}$$

d) Alimentação do transformador à medição:

O condutor adotado será 25mm² para fase, 16mm² para neutro.

e) Proteção do Transformador

Será adotado disjuntor termomagnético de trifásico 100A.

2.6.5 – Memória de Cálculo QDLF2 (CASA DE QUÍMICA)

2.6.5.1 – Alimentação do Circuito 1: Iluminação Interna da Casa de Química

a) 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

$$I_{IL} = 2,98 \text{ A}$$

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

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

Cabo estimado: 1,5mm²

d) Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{2,98 \times 30 \times 0,94}{56 \times 1,5} = 1\text{V}$$

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

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

e) Proteção do circuito

$$I_p = 1,15 \times 2,98 = 3,42 \text{ A}$$

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

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

a) 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

b) 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.

c) 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 15 A.

2.6.5.3 – Alimentação do Circuito 4: Tomadas Uso Comum

a) 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

b) 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.

c) 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 15 A.

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

a) 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

b) 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.

c) 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 monofásico de 15 A.

2.6.5.5 – Alimentação do Circuito 10 e 11: **Tomadas Arstop**

d) 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

e) 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.

f) 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.

2.6.5.6 – Alimentador Geral (QGBT ao QDLF2)

d) Dados

$$I_T = 17,12 \text{ A}$$

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

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

Cabo estimado: 4mm²

e) Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{17,12 \times \sqrt{3} \times 40 \times 0,94}{56 \times 4,0} = 4,98 \text{ V}$$

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

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

f) Proteção da Cablagem de BT

$$I_T \times 1,15 = 17,12 \times 1,15 = 19,68 \text{ A}$$

Será adotado disjuntor termomagnético trifásico de 20A.

2.6.6 – Memória de Cálculo QDLF 1 (EEAT)

2.6.6.1 – Alimentação do Circuito 1: Iluminação Interna

a) Dados

Carga:

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

Carga total:.....320 W.

$$I_{IL} = 1,55 \text{ A}$$

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

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

Cabo estimado: 1,5mm²

b) Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{1,55 \times 15 \times 0,94}{56 \times 1,5} = 0,25\text{V}$$

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

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

c) Proteção do circuito

$$I_p = 1,15 \times 1,55 = 1,78 \text{ A}$$

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

2.6.6.2 – Alimentação do Circuito 2 : Iluminação Externa

a) Dados

Carga:

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

Carga total:.....150 W.

$$I_{IL} = 0,72 \text{ A}$$

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

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

Cabo estimado: 1,5mm²

b) Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{0,72 \times 30 \times 0,94}{56 \times 1,5} = 0,24\text{V}$$

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

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

c) Proteção do circuito

$$I_p = 1,15 \times 0,72 = 0,83 \text{ A}$$

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

2.6.6.3 – Alimentação do Circuito 3: **Iluminação Externa Pátio**

a) Dados

Carga:

12 luminárias com 1 lâmpada VM de 250W/220V.3000 W.

Carga total:.....3000 W.

$$I_{IL} = 13,63 \text{ A}$$

$$L = 95 \text{ m}$$

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

Cabo estimado: 4mm²

b) Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{13,63 \times 95 \times 0,94}{56 \times 2,5} = 8,69V$$

$$\Delta U\% = \frac{8,69}{220} \times 100 = 3,95\%$$

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

c) Proteção do circuito

$$I_p = 1,15 \times 13,63 = 15,67A$$

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

2.6.6.4 – Alimentação do Circuito 4: **Tomadas Uso Comum**

a) Dados

Carga:

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

Carga total:.....200 W.

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

$$L = 10 m$$

$$U = 220V$$

Cabo estimado: 2,5mm²

b) Pela Queda de Tensão

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

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

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

c) Proteção do circuito

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

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

2.6.6.5 – Alimentação do Circuito 5: Tomada de Força

d) Dados

$$\text{Tomada de força } 32 \text{ A} / 380 \text{ V} = \dots\dots\dots 10.000 \text{ W}$$

$$\text{TOTAL} = \dots\dots\dots 10.000 \text{ W}$$

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

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

$$U = 380V$$

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

e) Pela Queda de Tensão

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

$$\Delta U\% = \frac{1,17}{380} \times 100 = 0,30\%$$

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

f) Proteção do Circuito

$$I_p = 1,50 \times 16,16 = 24,24A$$

Como a corrente máxima que o cabo suporta é de 28A, escolhemos o disjuntor termo magnético trifásico 25 A.

2.6.6.6 – Alimentador Geral (QGBT ao **QDLF1**)

a) Dados

$$IT = 22,09A$$

$$U = 380 V$$

$$L = 5,0m$$

Cabo estimado: 6mm²

b) Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{22,09 \times \sqrt{3} \times 5,0 \times 0,94}{56 \times 6,0} = 0,54V$$

$$\Delta U\% = \frac{0,54}{380} \times 100 = 0,14\%$$

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

c) Proteção da Cablagem de BT

$$IT \times 1,15 = 20,88 \times 1,15 = 24,01A$$

Será adotado disjuntor termomagnético trifásico de 25A.

2.6.7 – Memória de Cálculo QGBT do Complexo ETA/EEAT

2.6.7.1 – Alimentação do Circuito 1 - Alimentação dos Motores **CCM2** (EEAT)

a) Dados

P=25CV (1ª ETAPA)	P=30CV (2ª E 3ª ETAPAS)	
$I_M = 35,15^A$	$I_M = 42,94A$	$I_M = 42,94A$
$I_M = (1,25 \times 35,15) = 43,94^A$	$I_M = (1,25 \times 42,94) = 53,67A$	$I_M = (1,25 \times 42,94) = 53,67A$
$L = 10m$	$L = 10m$	$L = 10m$
$U = 380V$	$U = 380V$	$U = 380V$
Cabo estimado = 16mm ²	Cabo estimado = 16mm ²	Cabo estimado = 16mm ²

b) Pela Corrente Nominal dos Motores

25CV (1ª ETAPA)

$$\Delta U = \frac{35,15 \times \sqrt{3} \times 10 \times 0,84}{56 \times 16} = 0,57V$$

$$\Delta U\% = \frac{0,57}{380} \times 100 = 0,15\%$$

30CV (2ª E 3ª ETAPAS)

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

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

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

25CV (1ª ETAPA)

$$IP = (6,8 \times 35,15)/3 = 79,67A$$

$$\Delta U = \frac{79,67 \times \sqrt{3} \times 10 \times 0,84}{56 \times 16} = 1,29V$$

$$\Delta U\% = \frac{1,29}{380} \times 100 = 0,34\%$$

30CV (2ª E 3ª ETAPAS)

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

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

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

Logo será adotado para os motores :

Cabo de cobre isolado de 16mm² para fases; 16mm² para o neutro e 16mm² para proteção em todas as etapas do projeto.

d) Cálculo da Proteção dos Motores.

25CV (1ª ETAPA)	30CV (2ª E 3ª ETAPAS)
Fusível: 1,15 x 35,15A=40,42A	Fusível: 1,15x 42,94A=49,38A
Disjuntor: 1,15 x 35,15A=40,42A	Disjuntor: 1,15x42,94A=49,38A

Logo será adotado para os motores:

Será adotado disjuntor termomagnético trifásico de 50A e fusível NH Ultra Rápido de 50A para todas as etapas do projeto.

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

a) Dados

P=25CV (1ª ETAPA)	P=30CV (1ª E 2ª ETAPAS)
$I_T = (1,25 \times 35,15) = 43,94A$	$I_T = (1,25 \times 42,94) = 53,67A$
$I_T = 43,94A$	$I_T = 53,67A$
$U = 380 V$	$U = 380 V$
$L = 1m$	$L = 1m$
Cabo estimado: 16 mm ²	Cabo estimado: 16 mm ²

b) Pela Queda de Tensão

25CV (1ª ETAPA)

$$\Delta U = \frac{43,94 \times \sqrt{3} \times 1 \times 0,84}{56 \times 16} = 0,07V$$

$$\Delta U\% = \frac{0,07}{380} \times 100 = 0,02\%$$

30CV (2ª E 3ª ETAPAS)

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

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

Logo o condutor adotado será 16mm² para fase, 16mm² para neutro e 16mm² para proteção em todas as etapas do projeto.

c) Proteção Geral do Alimentador do CCM2

$$I_T \times 1,15 = 43,94 \times 1,15 = 50,53 \text{ A (1ª ETAPA)}$$

$$I_T \times 1,15 = 53,67 \times 1,15 = 61,72 \text{ A (2ª E 3ª ETAPAS)}$$

Será adotado disjuntor termomagnético de trifásico de 60A em todas as etapas do projeto.

2.6.7.3 – Alimentação do Circuito 2 - Alimentação dos Motores **CCM3** (EELF)

a) Dados

$$P=15CV$$

$$I_M = 21,26A$$

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

$$L = 10m$$

$$U = 380V$$

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

b) Pela Corrente Nominal dos Motores

$$15CV$$

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

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

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

15CV

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

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

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

Logo será adotado para os motores:

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

d) Cálculo da Proteção dos Motores.

$$P = 15CV$$

$$\text{Fusível: } 1,15 \times 21,26A = 24,44A$$

$$\text{Disjuntor: } 1,15 \times 21,26A = 24,44A$$

Logo será adotado disjuntor termomagnético tripolar de 25A e fusível NH Ultra Rápido de 25A

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

a) Dados

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

$$I_T = 26,57A$$

$$U = 380 V$$

$$L = 1m$$

Cabo estimado: 4,0 mm²

b) 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.

c) Proteção Geral do Alimentador do CCM3

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

Será adotado disjuntor termomagnético de 30A.

2.6.7.5 – Alimentação do Circuito 3 - Alimentação do Motor **CPD 1** (Leito de Secagem)

a) Dados

$$P=2CV$$

$$I_M = 3,37A$$

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

$$L = 10m$$

$$U = 380V$$

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

b) Pela Corrente Nominal do Motor

$$2CV$$

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

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

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

$$2CV$$

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

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

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

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.

e) Cálculo da Proteção dos Motores.

$$P = 2CV$$

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

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

Logo será adotado disjuntor termomagnético tripolar de 15A e fusível NH Ultra Rápido de 15A .

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

a) Dados

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

$$I_T = 4,21\text{A}$$

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

$$L = 1\text{m}$$

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

b) Pela Queda de Tensão

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

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

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

c) Proteção Geral do Alimentador do CPD1

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

Será adotado disjuntor termomagnético tripolar de 15A.

2.6.7.7 – Alimentador Geral (Medição ao QGBT)

a) Dados

(1ª ETAPA)	(1ª E 2ª ETAPAS)
$I_T=35,15+21,26+22,09+17,12+3,37$	$I_T=42,94+21,26+22,09+17,12+3,37$
$I_T = 98,99A$	$I_T = 106,78A$
$U = 380 V$	$U = 380 V$
$L = 20m$	$L = 20m$
Cabo estimado: 50 mm ²	Cabo estimado: 50 mm ²

b) Pela Queda de Tensão

(1ª ETAPA)

$$\Delta U = \frac{98,99 \times \sqrt{3} \times 20 \times 0,85}{56 \times 50} = 1,04V$$

$$\Delta U\% = \frac{1,04}{380} \times 100 = 0,27\%$$

(2ª E 3ª ETAPAS)

$$\Delta U = \frac{106,78 \times \sqrt{3} \times 20 \times 0,85}{56 \times 50} = 1,12V$$

$$\Delta U\% = \frac{1,12}{380} \times 100 = 0,30\%$$

Logo o condutor adotado será 50mm² para fase e 25mm² para neutro e 25mm² para proteção.

c) Proteção da Cablagem de BT

$$I_T \times 1,15 = 97,78 \times 1,15 = 112,45A \text{ (1ª ETAPA)}$$

$$I_T \times 1,15 = 105,57 \times 1,15 = 121,41A \text{ (2ª E 3ª ETAPAS)}$$

Será adotado disjuntor termomagnético tripolar de 125A.

2.6.7.8 – Potência do Transformador de Força do complexo ETA/EEAT

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

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

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

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

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

$$c = 3,8$$

$$d = 0$$

$$e = 0$$

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

1ª ETAPA

$$D = \frac{0,70 \times 6,038}{0,94} + (0,95 \times 3,8) + [(0,87 \times 15 \times 1) \times 1 + (0,87 \times 25 \times 1) + (0,87 \times 2 \times 1) \times 1] + 14,553$$

$$D = 4,5 + 3,61 + 36,54 + 14,553 \Rightarrow D = 59,20 \text{ KVA} \Rightarrow \text{Adotado } 75 \text{ KVA}$$

g) Alimentação do transformador à medição:

O condutor adotado será 50mm² para fase, 25mm² para neutro.

h) Proteção do Transformador

Será adotado disjuntor termomagnético tripolar de 125A.

2ª e 3ª ETAPAS

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

$$D = 4,5 + 3,61 + 40,89 + 14,553 \Rightarrow D = 63,55 \text{ KVA} \Rightarrow \text{Adotado } 75 \text{ KVA}$$

i) Alimentação do transformador à medição:

O condutor adotado será 50mm² para fase, 25mm² para neutro.

j) Proteção do Transformador

Será adotado disjuntor termomagnético tripolar de 125A.

ANEXO 1 – ESTUDO DO DIÂMETRO ECONÔMICO

ANEXO 1A – ADUTORA DE ÁGUA BRUTA

PLANILHAS (ANEXO 1A.XLS) /D1, D2, D3 E D4

PLANILHA (ANEXO 1A-RESUMO.XSL)

ANEXO 1B – ADUTORA DE ÁGUA TRATADA

PLANILHAS (ANEXO 1B.XLS) /D1, D2, D3 E D4

PLANILHA (ANEXO 1B-RESUMO.XSL)

ANEXO 2 – CURVAS DE BOMBA

ANEXO 3 – TRANSIENTE HIDRÁULICO

ANEXO 3A – ADUTORA DE ÁGUA BRUTA

CTran – Software para Análise de Transitórios em Redes de Abastecimento

PLANILHA DE ENTRADA DE DADOS

Bomba (1º quadrante)

Especificação:
AN-EEAB

Características:
Curva da bomba: ($H_m = aQ^2 + bQ + c$)
a= b= c=

Rendimento: (%)
Rotação: (rpm)
H. de In. do Conjunto (l): (kg m³)
H. de In. do Volante (l): (kg m³)

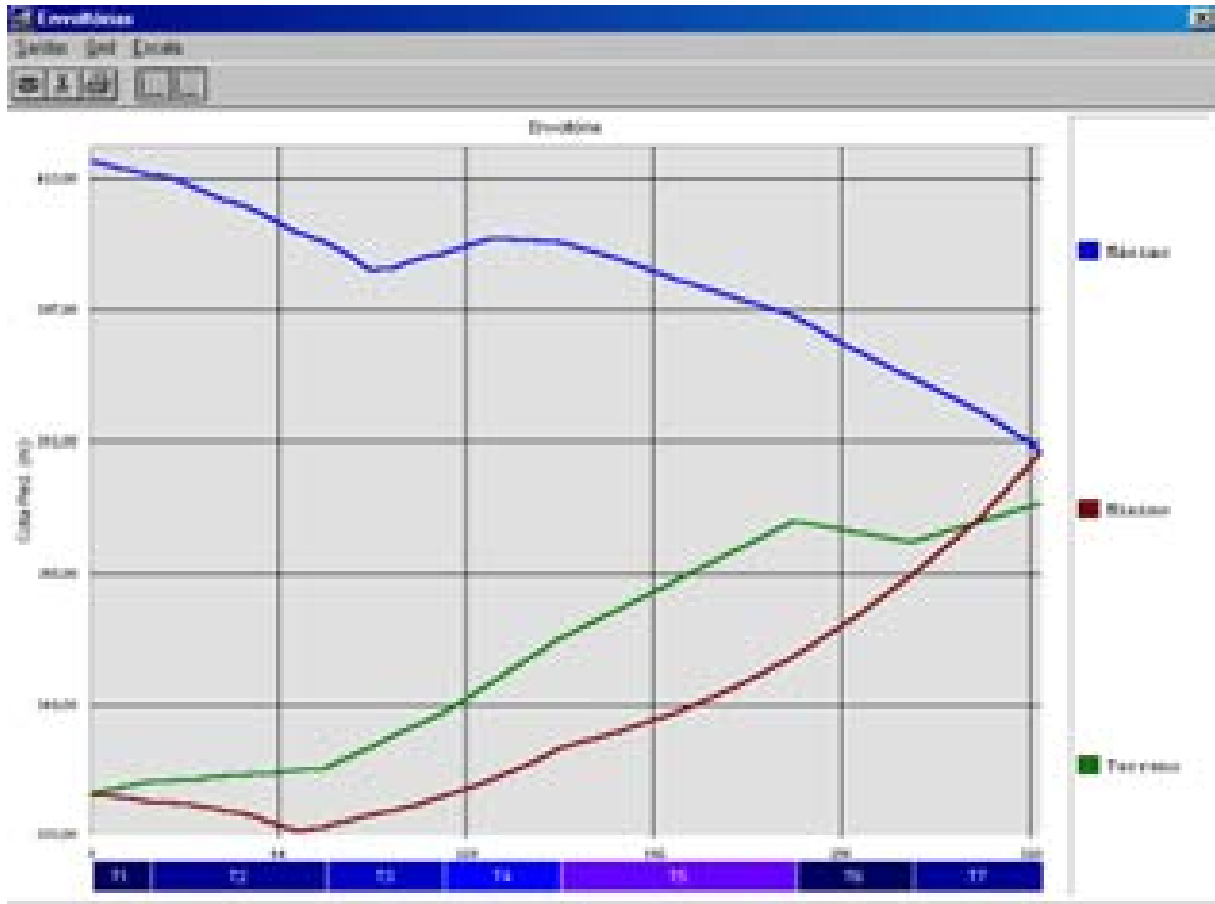
Nº de bombas: Operação: Série Paralelo

Nº: 1

GRÁFICO DA CURVA CARACTERÍSTICA DA BOMBA DA EEAB



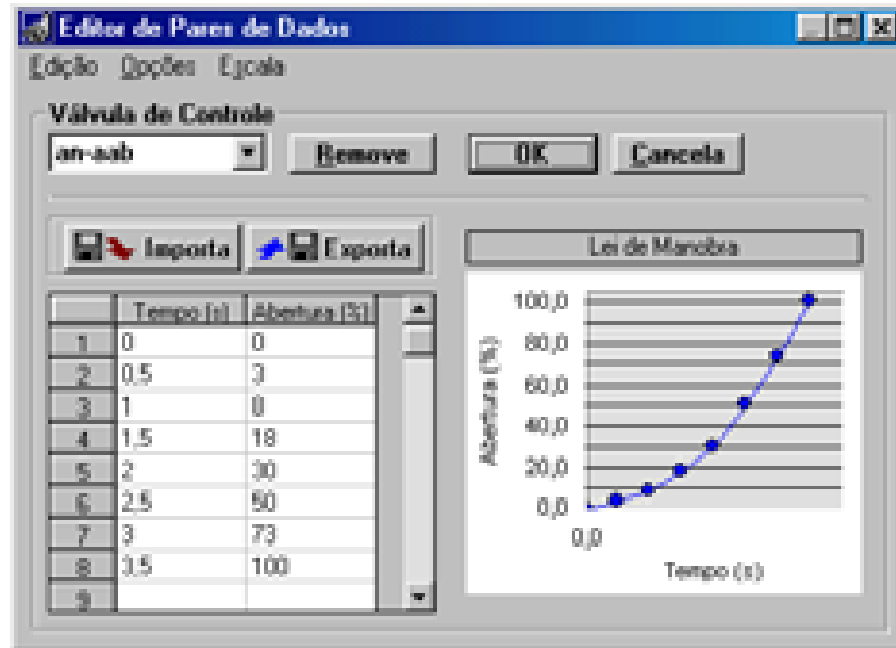
AAB – GRÁFICO DAS ENVOLTÓRIAS (SEM PROTEÇÃO)



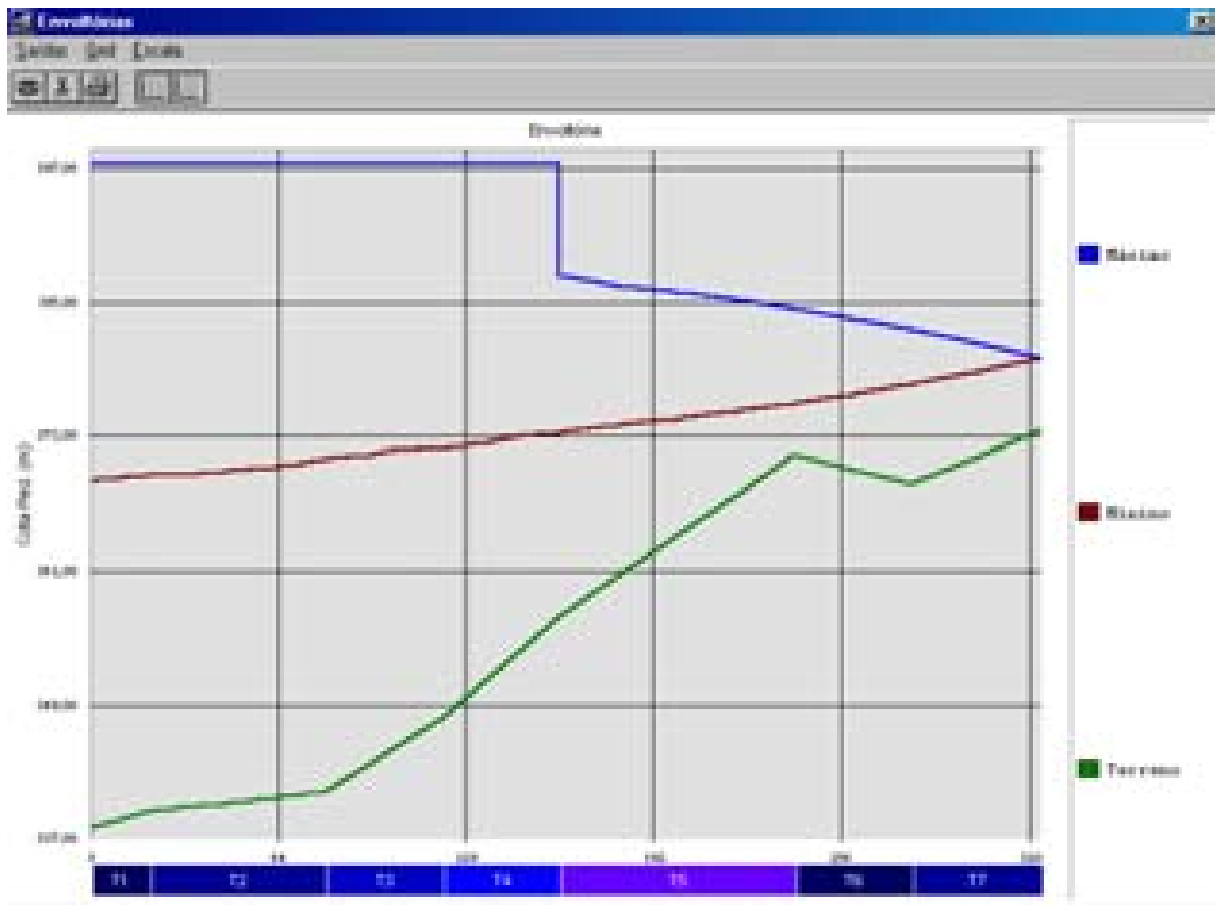
VÁLVULA ANTECIPADORA DE ONDA – CURVA ABERTURA (%) X Cd



VÁLVULA ANTECIPADORA DE ONDA – CURVA TEMPO(s) X ABERTURA(%)



AAB - GRÁFICO DAS ENVOLTÓRIAS (PROTEÇÃO COM VÁLVULA ANTECIPADORA DE ONDA – DN 100 MM)



ANEXO 3B – ADUTORA DE ÁGUA TRATADA

PLANILHA DE ENTRADA DE DADOS

Bomba (1º quadrante)

Especificação:
AN-EAT- Remove

Características:

Curva da bomba: ($H_m = aQ^2 + bQ + c$)
 $a =$ $b =$ $c =$

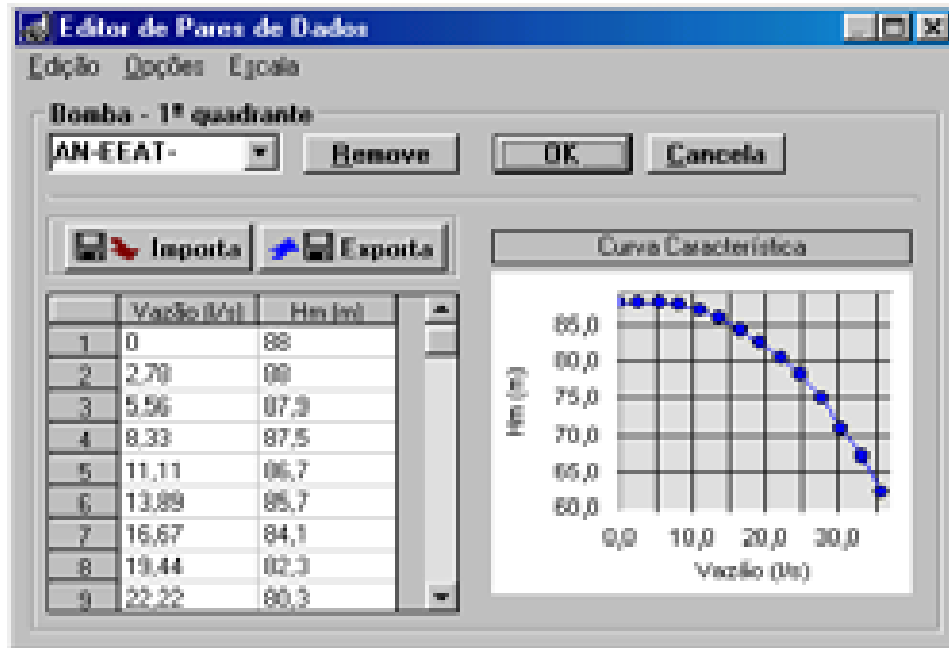
Rendimento: (%)
 Rotação: (rpm)
 H. de ln. do Conjunto (f): (kg m²)
 H. de ln. do Volante (f): (kg m²)

Nº de bombas: Operação:
 Série Paralelo

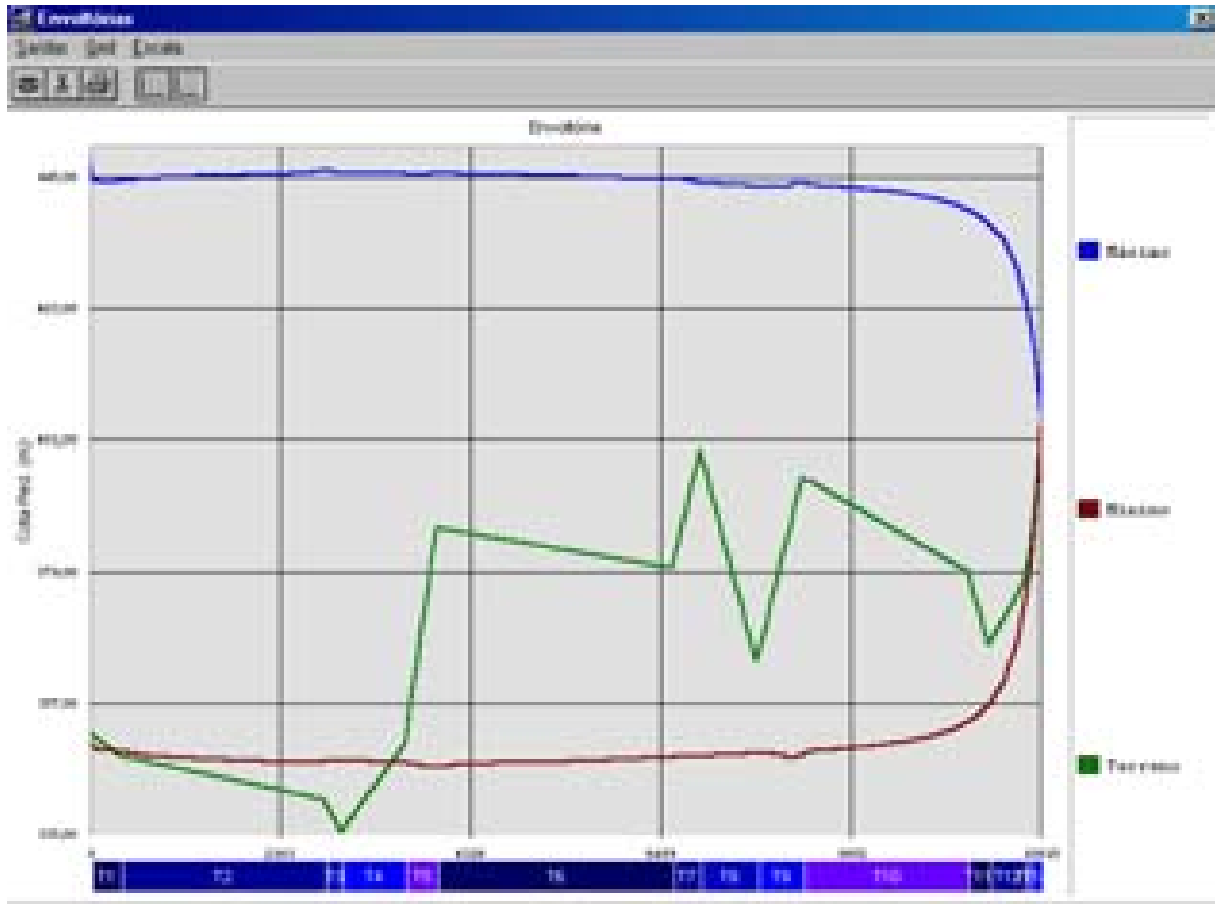
AN-EAT- **C. Característica**

N.º: **1** OK Cancela

GRÁFICO DA CURVA CARACTERÍSTICA DA BOMBA DA EAT



AAT – GRÁFICO DAS ENVOLTÓRIAS (SEM PROTEÇÃO)



PLANILHA DE ENTRADA DE DADOS DOS TANQUES – TUA-1 E TAU-2

Tanque Alimentador Unidirecional (TAU)

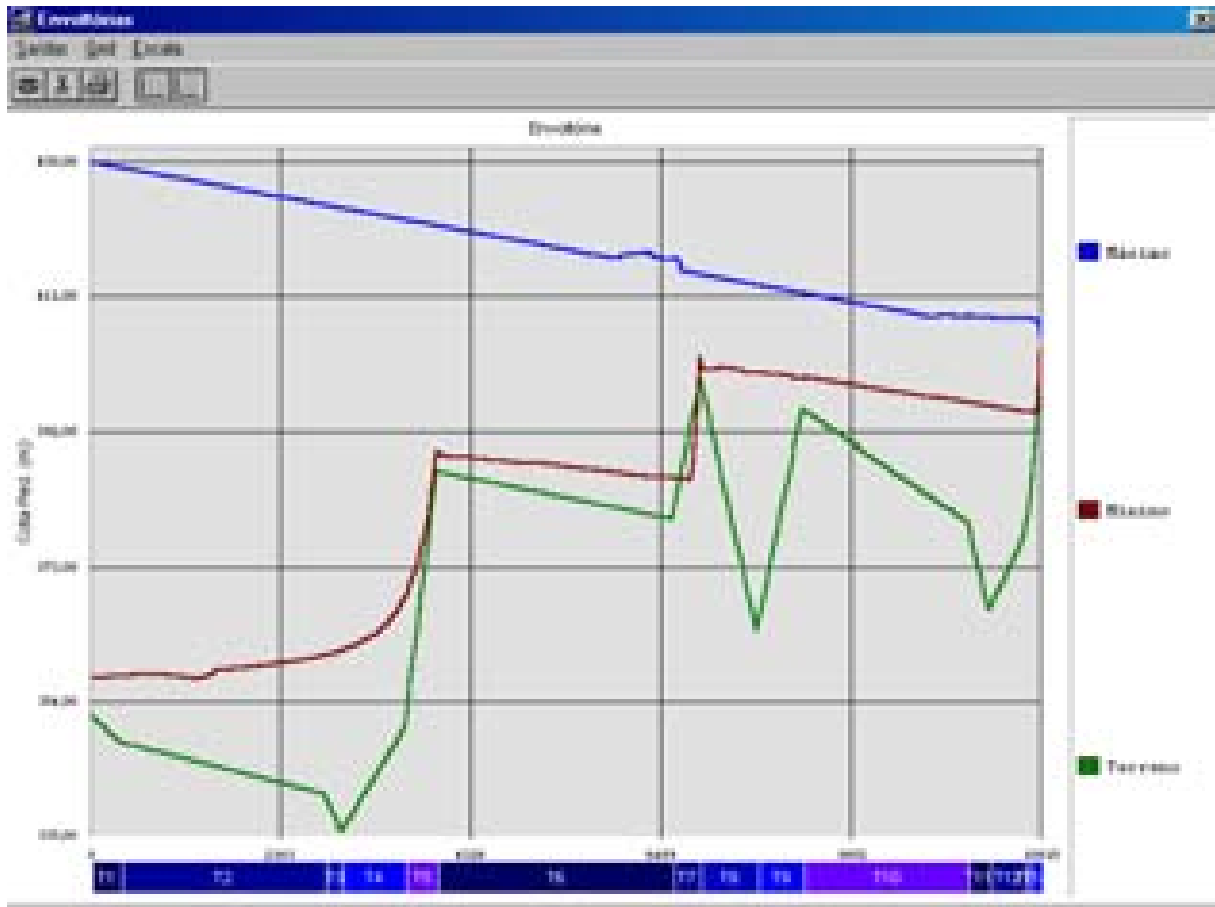
Especificação:
AN-TU-AA Remove

Características:

Diâmetro:	2	(m)
Comprimento:	3	(m)
Altura de Água Inicial:	3	(m)
Coefficiente de Perda de Carga:	2,5	
Diâmetro do Tubo de Ligação:	200	(mm)

Nº: 6 OK Cancela

AAT – GRÁFICO DAS ENVOLTÓRIAS (PROTEÇÃO COM OS TANQUES - TUA-1 E TAU-2)



ANEXO 4 – CÁLCULO DA 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 16 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-2-2MA-AD-AN-02/45-R1.

➤ 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 bombas, com 200 kg de peso líquido cada, com respectivas bases de apoio	400	1,0	400	
➤ Pórtico manual para 1 ton SWL com 4 m de altura	120	2,6	312	
➤ Plataforma flutuante, com acessórios (balaustrada, cabeços, vigas transversais),	960	0,35	336	
➤ Acoplamento (com água nas tubulações)	1.456	1,6	2.330	
2 homens (75 kg cada)	150	1,0	150	
SUBTOTAL	3.086		3.528	1,20

OBS:

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 do equipamento com água (Pe) = 2.126 kg

Peso do flutuante (Pf) = 16 módulos x 60 kg = 960 kg

Área do flutuante (A) = 4 x 4 = 16 m²

C = (Pe+Pf)/A = (2.126+960)/16 = 192,87 mm

4) CÁLCULO DA ALTURA METACÊNTRICA (GM)

Momento de Inércia Transversal (IT) = (4x4³/12) = 21,33 m⁴

GM = IT/Volume de Deslocamento = 21,33 / 3,08 = **6,91 m**

5) VERIFICAÇÃO DE ATENDIMENTO AOS CRITÉRIOS DE ESTABILIDADE ESPECIFICADOS NA NORMAM 2000

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

5.1) A altura Metacêntrica inicial (GMo) não deverá ser inferior ao valor da altura metacêntrica requerida (GMr), calculada por meio da seguinte expressão:

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

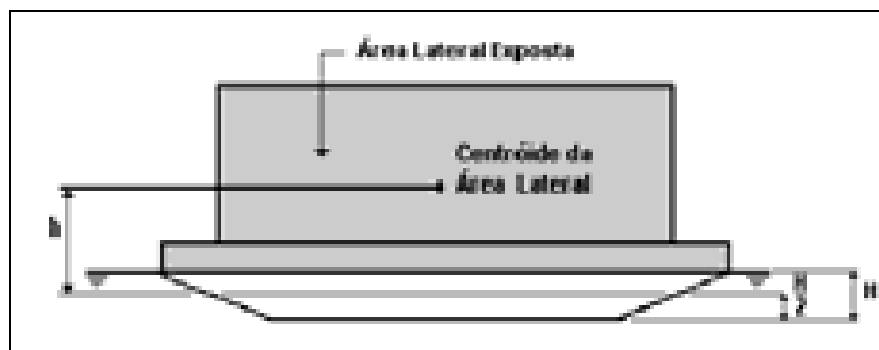


FIGURA 1.0: Caracterização de Parâmetros do Critério de Estabilidade (Barcaças)

onde:

– GMr = 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.

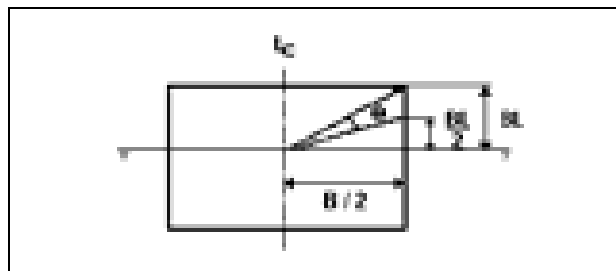


FIGURA 2.0: Determinação do ângulo θ

Logo, temos que:

$$A = \{0,6 - 0,19 \text{ (calado definido anteriormente)}\} \times 4,0 = 1,64 \text{ m}^2$$

$$P = 0,055 + (L_{pp}/1309)^2 = 0,055 + (4/1309)^2 = 0,055 + 0,0000093 = 0,0550093$$

$$h = 0,19/2 + 1,00 \text{ (considerando uma carga com centróide de área 1,0 m acima do convés)} = 1,09$$

$$\Delta = 3,810 \text{ t}$$

$$\text{tg } \theta = (0,36/2) / 2,50 = 0,072$$

e

$$GM_r = \underline{P \times A \times h} \tag{12}$$

$$\Delta x \operatorname{tg} \theta$$

$$\text{GMr} = (0,0550093 \times 1,64 \times 1,09) / (3,810 \times 0,072) = 0,36 \text{ m}$$

$$\text{GMr} = 0,34 \text{ m}$$

Como $\text{GMO} = 6,91 \text{ M}$, > Que $0,36 \text{ M}$, Concluimos Que:

O flutuante apresenta estabilidade satisfatória para o serviço pretendido