

MÓDULO V
PROJETO EXECUTIVO DA ADUTORA DE
MARANGUAPE/SAPUPARA/URUCARÁ

VOLUME III – DETALHAMENTO DO PROJETO EXECUTIVO

TOMO 2 – MEMÓRIA DE CÁLCULO

Rev.	Data	Descrição	Por	Ver.	Apr.	Aut.
00	Dez/2002	1ª Edição	Consórcio	TAD	NKT	NKT
01	Dez/2002	Projeto Final	Consórcio	TAD	NKT	NKT

ÍNDICE

ÍNDICE

APRESENTAÇÃO	4
1 - INTRODUÇÃO	7
2 - MEMÓRIA DE CÁLCULO	11
2.1 - ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA BRUTA-I (EEAB-I)	12
2.1.1 - Dimensionamento dos Conjuntos motobomba	12
2.2 - ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA BRUTA-II (EEAB-II)	22
2.2.1 - Dimensionamento do Flutuante	22
2.2.2 - Dimensionamento dos Conjuntos motobomba	22
2.3 - ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA – (EAT)	31
2.3.1 - Dimensionamento dos Conjuntos motobomba	31
2.4 - ADUÇÃO	38
2.4.1 - Traçado e Diâmetros	38
2.4.2 - Blocos de Ancoragem	38
2.4.3 - Movimento de Terra	40
2.5 - ESTAÇÃO DE TRATAMENTO D'ÁGUA – ETA	41
2.5.1 - Generalidades	41
2.5.2 - Componentes da ETA	43
2.5.3 - Dimensionamento dos Filtros	43
2.5.4 - Lavagem dos Filtros (EELF)	44
2.5.5 - Volume do Poço de Sucção da EAT (VPS)	47
2.5.6 - Quantidade de Produtos Químicos	47
2.6 - RESERVAÇÃO	49
2.6.1 - Critérios de Reservação	49
2.6.2 - Dimensionamento da Reservação	49
2.7 - PROJETO ELÉTRICO	52
2.7.1 - Preliminares	52
2.7.2 - Memorial de Cálculo do Projeto Elétrico	52
3 - ANEXO I – TRANSIENTE HIDRÁULICO	77
4 - ANEXO II – ESTABILIDADE DO FLUTUANTE	82
5 - ANEXO III – OBRAS COMPLEMENTARES	86

APRESENTAÇÃO

APRESENTAÇÃO

Os serviços executados pelo Consórcio JP ENGENHARIA – AGUASOLOS – ESC/TE, no âmbito do Contrato nº 005/PROGERIRH-PILOTO/CE/SRH/2001, assinado em 22/03/2001 com a Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará (SRH-CE), tem como objeto a Elaboração dos Estudos de Viabilidades Técnicas, Ambientais e Econômicas, EIA's-RIMA's, Projetos Executivos, Levantamentos Cadastrais e Planos de Reassentamentos de Populações, Manuais de Operação e Manutenção e Avaliação Financeira e Econômica, referentes às Barragens GAMELEIRA, TRAIRI, JENIPAPEIRO, MARANGUAPE I e MARANGUAPE II e Aduadoras de ITAPIPOCA, TRAIRI, IPAUMIRIM/BAIXIO/UMARI e MARANGUAPE/SAPUPARA/URUCARÁ/LADEIRA GRANDE, no Estado do Ceará.

Os estudos desenvolvidos, em atendimento aos Termos de Referência, são constituídos por atividades multidisciplinares que permitem a elaboração de relatórios específicos organizados em Módulos, Volumes e Tomos. As partes e tomos que compõem o acervo do contrato são os apresentados na seqüência:

Módulo I – Estudos de Alternativas de Localização das Barragens e Aduadoras

VOLUME I – Estudo de Alternativas e Opções para a Localização dos Eixos Barráveis e Aduadoras

Módulo II – Estudos dos Impactos Ambientais

VOLUME I – Estudos dos Impactos Ambientais - EIA

VOLUME II – Relatório dos Estudos dos Impactos Ambientais - RIMA

Módulo III – Projeto Executivo das Barragens

VOLUME I – Estudos Básicos

Tomo 1 – Relatório Geral

Tomo 2 – Estudos Hidrológicos

Tomo 3 – Estudos Cartográficos

Tomo 4 – Estudos Topográficos

Tomo 5 – Estudos Geológicos e Geotécnicos

VOLUME II – Anteprojeto

Tomo 1 – Relatório de Concepção Geral

Tomo 2 – Plantas

VOLUME III – Detalhamento do Projeto Executivo

Tomo 1 – Memorial Descritivo do Projeto

Tomo 2 – Memória de Cálculo

Tomo 3 – Especificações Técnicas

Tomo 4 – Quantitativos e Orçamentos

Tomo 5 – Síntese

Tomo 6 – Plantas

Módulo IV – Levantamento Cadastral e Plano de Reassentamento

VOLUME I – Levantamento Cadastral

Tomo 1 – Relatório Geral

Tomo 2 – Laudos Individuais de Avaliação

VOLUME II – Plano de Reassentamento

Tomo 1 – Diagnóstico Socioeconômico

Tomo 2 – Detalhamento do Plano de Reassentamento

Módulo V – Projeto Executivo das Adutoras

VOLUME I – Estudos Básicos - Levantamentos Topográficos e 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 VI – Elaboração dos Manuais de Operação e Manutenção

VOLUME 1 – Manuais de Operação e Manutenção

Módulo VII – Avaliação Financeira e Econômica do Projeto

VOLUME 1 – Relatório de Avaliação Financeira e Econômica do Projeto

O presente relatório é denominado *Volume III – Detalhamento do Projeto Executivo, Tomo 2 – Memória de Cálculo da Adutora de Maranguape/Sapupara/Urucará*, e é parte integrante do *Módulo V*.

1 - INTRODUÇÃO

1 - INTRODUÇÃO

O presente relatório trata da Memória de Cálculo do Detalhamento do Projeto Executivo da Adutora do Sistema de Abastecimento D'água do município de Maranguape.

O projeto em referência tem por objetivo suprir de água tratada a cidade de Maranguape e localidades de Sapucaia e Urucará – pertencentes àquele município – atendendo às exigências de garantia de suprimento e dentro dos padrões de potabilidade da legislação específica vigente.

A cidade de Maranguape situa-se na região litorânea do Ceará, tendo por coordenadas geográficas:

Latitude Sul: 3°53'27"

Longitude Oeste: 34°41'08"

Sua altitude é de: 69.00m

A distância entre Fortaleza e sede do Município é de 20 Km. O acesso rodoviário se faz pela CE – 065.

A área Municipal tem por limites:

Ao Norte: Maracanaú e Caucaia

Ao Sul: Caridade, Palmácia e Guaiúba

A Leste: Guaiúba, Pacatuba e Maracanaú

A Oeste: Pentecoste e Caridade

Os Mananciais que alimentarão o sistema ora projetado serão os açudes Maranguape I e Maranguape II, recém projetados, que, em linha reta, estão a 3,0 e 4,0 Km da cidade de Maranguape, respectivamente. O mapa que constitui a figura 1.0 mostra a localização das barragens Maranguape I e Maranguape II. Na figura 2.0 é apresentado o traçado do sistema adutor, desde a captação até as localidades beneficiadas pelo projeto.

O horizonte do projeto é de 30 anos, tendo como inicial o ano de 2003.

FIGURA 1.0 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO

FIGURA 2.0 - MAPA DE TRAÇADO DA ADUTORA

2 - MEMÓRIA DE CÁLCULO

2 - MEMÓRIA DE CÁLCULO

2.1 - ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA BRUTA-I (EEAB-I)

2.1.1 - Dimensionamento dos Conjuntos motobomba

2.1.1.1 - Altura Manométrica Total – AMT

a) Perda de carga distribuída (h_d)

Para o cálculo das perdas de carga distribuídas (h_d) do sistema foram usadas as seguintes fórmulas:

- * 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 (m^2/s);

L = comprimento do trecho (m);

V = velocidade da água (m/s);

g = aceleração da gravidade (m/s^2).

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

O diâmetro nominal da tubulação de recalque será de 400 mm; definido em estudos anteriores.

b) Perda de carga localizada (h_l)

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

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

O Quadro 1.0 apresenta os respectivos valores de h_l e h_d na sucção e no barrilete em função das vazões requeridas nas três etapas do projeto.

QUADRO 1.0 - Perdas de Carga na EEAB-I: Sucção e Barrilete

PEÇA	K	DN (mm)	1ª Etapa			2ª Etapa			3ª 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	250	71,54	1,46	0,10	85,37	1,74	0,20	92,00	1,87	0,20
Toco L=0,80m		250	71,54	1,46	0,10	85,37	1,74	0,10	92,00	1,87	0,10
Curvas de 90°	0,40	250	71,54	1,46	0,10	85,37	1,74	0,20	92,00	1,87	0,20
Toco L=0,70m		250	71,54	1,46	0,10	85,37	1,74	0,10	92,00	1,87	0,10
Registro de gaveta	0,20	250	71,54	1,46	0,10	85,37	1,74	0,20	92,00	1,87	0,20
Redução excêntrica	0,15	200	71,54	2,28	0,10	85,37	2,72	0,10	92,00	2,93	0,10
Total na sucção					0,60			0,90			0,90
Redução normal	0,30	150	71,54	4,05	0,30	85,37	4,83	0,40	92,00	5,21	0,50
Curvas de 90°	0,40	250	71,54	1,46	0,10	85,37	1,74	0,10	92,00	1,87	0,10
Junta de desmonte		250	71,54	1,46	0,10	85,37	1,74	0,10	92,00	1,87	0,10
Curvas de 90°	0,40	250	71,54	1,46	0,10	85,37	1,74	0,10	92,00	1,87	0,10
Toco L=0,90m		250	71,54	1,46	0,10	85,37	1,74	0,10	92,00	1,87	0,10
Curvas de 90°	0,40	250	71,54	1,46	0,10	85,37	1,74	0,10	92,00	1,87	0,10
Válvula de retenção	2,50	250	71,54	1,46	0,30	85,37	1,74	0,40	92,00	1,87	0,50
Registro de gaveta	0,20	250	71,54	1,46	0,10	85,37	1,74	0,10	92,00	1,87	0,10
Toco L=3,30m		250	71,54	1,46	0,10	85,37	1,74	0,10	92,00	1,87	0,10
Curva de 90°	0,30	250	71,54	1,46	0,10	85,37	1,74	0,10	92,00	1,87	0,10
Toco L=8,0m		250	71,54	1,46	0,10	85,37	1,74	0,10	92,00	1,87	0,15
Válvula de macromedicação		250	71,54	1,46	1,00	85,37	1,74	1,00	92,00	1,87	1,00
Registro de gaveta	0,20	250	71,54	1,46	0,10	85,37	1,74	0,10	92,00	1,87	0,10
Ampliação	0,30	250	71,54	1,46	0,10	85,37	1,74	0,10	92,00	1,87	0,10
Total no barrilete					2,70			2,90			3,15

c) Determinação da AMT

Para o cálculo da altura manométrica total foi usada a seguinte fórmula:

$$AMT=(h_l)+ (h_d)+ (h_{fa}) + (D_g)$$

Onde: h_{fa} = Perda de carga na adutora e D_g = Desnível geométrico; cujos valores encontram-se nos Quadros 3.0, 4.0 e 5.0 apresentados adiante.

2.1.1.2 - Potência dos Motores

A potência dos conjuntos motobomba foi calculada pela expressão:

$$P = \frac{y \times Q \times AMT}{75 \times n} \times f$$

Onde:

- P = Potência (CV);
- y = Peso específico da água (1000kgf/cm³);
- Q = Vazão máxima diária (m³/s);
- AMT = Altura manométrica total (m);
- n = Rendimento da bomba (%);
- f = fator de potência.

O Quadro 2.0 apresenta o dimensionamento dos conjuntos motobomba para cada etapa do projeto, assim como suas características operacionais.

QUADRO 2.0 – Dimensionamento das Bombas da EEAB-I

ETAPA	1ª ETAPA	2ª ETAPA	3ª ETAPA
VAZÃO TOTAL(L/s)	71,54	85,37	92,00
NÚMERO DE BOMBAS	1	1	1
VAZÃO POR BOMBA(L/s)	71,54	85,37	92,00
ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL			
SUCÇÃO			
Desnível geométrico(m)	0,64	0,64	0,64
Perdas em tocos e conexões(m)	0,60	0,90	0,90
Altura vacuométrica(m)	1,24	1,54	1,54
RECALQUE			
Perdas no barrilete(m)	2,70	2,90	3,15
Carga na saída da adutora (m)	14,00	14,33	14,50
Altura manométrica(m)	16,70	17,23	17,65
Altura manométrica total(m)	17,94	19,05	19,19
Altura manométrica adotada(m.c.a)	18,00	20,00	20,00
CARACTERÍSTICA DA BOMBA ADOTADA			
Tipo	Centrífuga	Centrífuga	Centrífuga
Vazão unitária(L/s)	71,54	85,37	92,00
Altura manométrica total(m.c.a)	18	20	20,00
Rendimento (%)*	80	82,5	82,5
Potência do motor calculada(CV)	23,61	30,35	32,71
NPSH disponível(m)	8,08	7,78	7,78
NPSH requerido(m)	2,30	2,50	2,80
Rotor (mm)	227	246	246
CARACTERÍSTICA DO MOTOR			
Potência do motor adotada(CV)	25	40	40
RPM	1750	1750	1750
POLO	IV	IV	IV

2.1.1.3 - Cavitação

Para um bom funcionamento do sistema de bombeamento, isto é, sem ocorrência de cavitação, é necessário que se verifiquem as seguintes condições:

a) Condição I

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

b) Condição II

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

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

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

Conforme o Quadro 2.0:

$$NPSH(d) \text{ da } 1^{\text{a}} \text{ ETAPA} = 8,08 \text{ m}$$

$$NPSH(d) \text{ da } 2^{\text{a}} \text{ ETAPA} = 7,78 \text{ m}$$

$$NPSH(d) \text{ da } 3^{\text{a}} \text{ ETAPA} = 7,78 \text{ m}$$

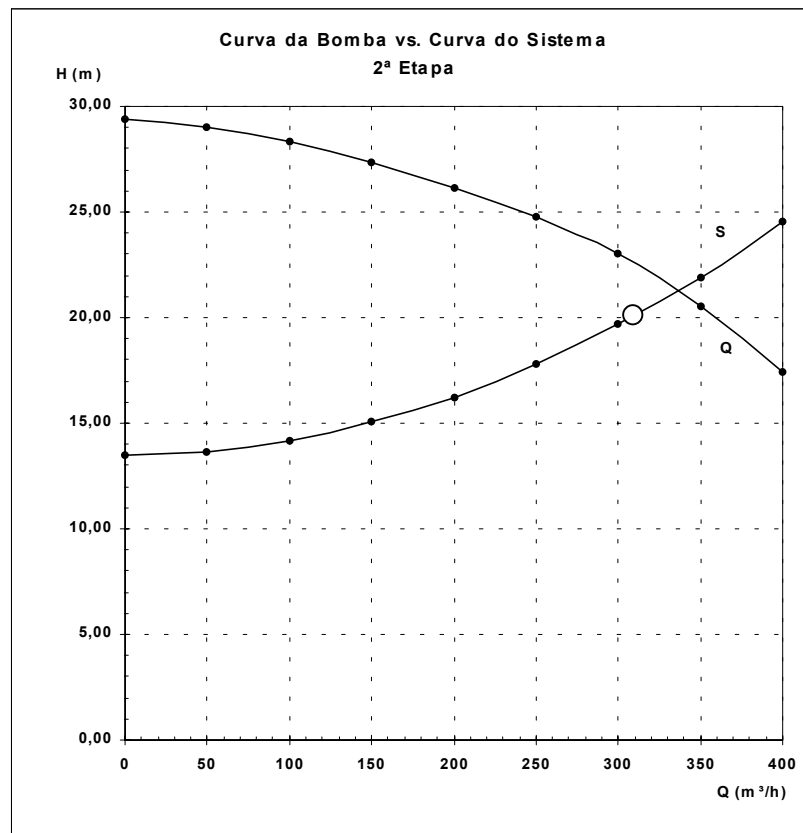
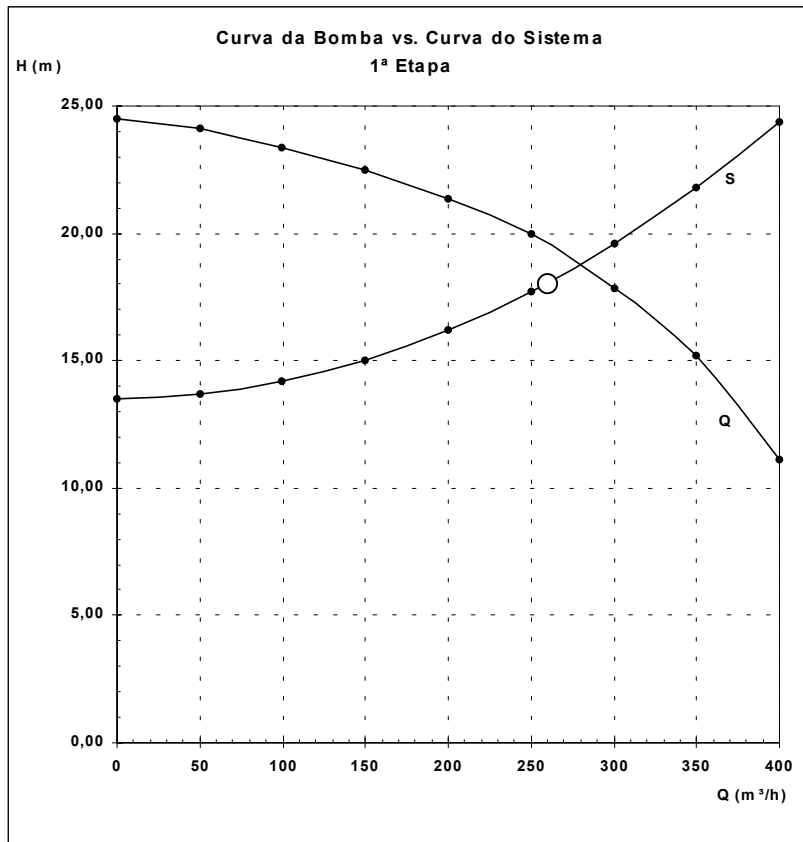
Logo temos:

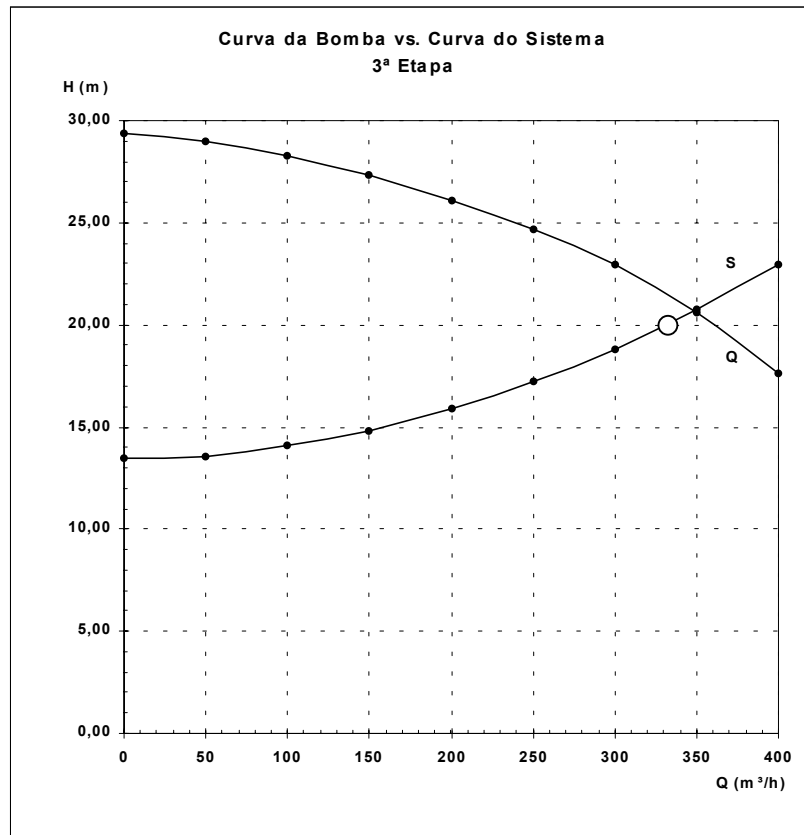
- Verificação quanto as condições operacionais da 1ª ETAPA
 $8,08 > 2,00 + 0,50 = 2,50$
 $8,08 > 2,00 \times 1,20 = 2,40$
- Verificação quanto as condições operacionais da 2ª ETAPA
 $7,78 > 2,50 + 0,50 = 3,00$
 $7,78 > 2,50 \times 1,20 = 3,00$
- Verificação quanto as condições operacionais da 3ª ETAPA
 $7,78 > 3,00 + 0,50 = 3,50$
 $7,78 > 3,00 \times 1,20 = 3,60$

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

2.1.1.4 - Curva da bomba x curva do sistema

Vazão	Bomba			Sistema		
	1ª Etapa	2ª Etapa	3ª Etapa	1ª Etapa	2ª Etapa	3ª Etapa
Q (m³/h)	H (m)	H (m)	H (m)	H (m) p/ Ho=20,62	H (m) p/ Ho=20,62	H (m) p/ Ho=20,62
0	24,50	29,37	29,37	13,50	13,50	13,50
50	24,12	29,00	29,00	13,67	13,67	13,52
100	23,37	28,33	28,33	14,18	14,19	14,09
150	22,50	27,37	27,37	15,03	15,05	14,83
200	21,37	26,12	26,12	16,21	16,25	15,87
250	19,95	24,75	24,75	17,74	17,80	17,20
300	17,87	23,00	23,00	19,60	19,69	18,83
350	15,21	20,54	20,54	21,81	21,93	20,75
400	11,10	17,45	17,45	24,35	24,51	22,98
450				27,24	27,43	25,50





Obs. Os pontos assinalados com “O” nos gráficos indicam o ponto de funcionamento requerido.

Nos Quadros 3.0 a 5.0 são apresentadas as perdas de carga ao longo da adutora, assim como o desnível geométrico e o valor das cotas piezométricas e das pressões necessárias para o funcionamento do sistema em cada etapa. Na Figura 3.0 é apresentado o gráfico das cotas piezométricas para cada etapa do projeto.

Quadro 3.0

Quadro 4.0

Quadro 5.0

FIGURA 3.0 (Cota Piezométrica – IMPRIMIR EM A3)

2.2 - ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA BRUTA-II (EEAB-II)

2.2.1 - Dimensionamento do Flutuante

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

2.2.2 - Dimensionamento dos Conjuntos motobomba

2.2.2.1 - Altura Manométrica Total – AMT

a) Perda de carga distribuída (h_d) e desnível geométrico (D_g)

As perdas de carga distribuídas (h_d) do sistema foram determinadas a partir da fórmula universal com fator de atrito calculado pela fórmula de Colebrook, ambas apresentadas anteriormente.

b) Perda de carga localizada (h_l)

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

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

O Quadro 6.0 apresenta os respectivos valores de h_l e h_d na sucção e no barrilete em função das vazões requeridas nas três etapas do projeto.

QUADRO 6.0 - Perdas de Carga na EEAB-II: Sucção e Barrilete

PEÇA	K	D (mm)	1ª Etapa			2ª Etapa			3ª 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	250	77,76	1,58	0,10	92,79	1,89	0,20	100,00	2,04	0,20
Toco L=0,80m		250	77,76	1,58	0,10	92,79	1,89	0,10	100,00	2,04	0,10
Curvas de 90°	0,40	250	77,76	1,58	0,10	92,79	1,89	0,10	100,00	2,04	0,10
Redução excêntrica	0,15	200	77,76	2,48	0,10	92,79	2,95	0,10	100,00	3,18	0,10
Total na sucção					0,40			0,50			0,50
Redução normal	0,30	150	77,76	4,40	0,30	92,79	4,56	0,40	100,00	5,20	0,50
Curvas de 90°	0,40	250	77,76	1,58	0,10	92,79	1,89	0,10	100,00	2,04	0,10
Toco L=1,20m		250	77,76	1,58	0,10	92,79	1,89	0,10	100,00	2,04	0,10
Curvas de 90°	0,40	250	77,76	1,58	0,10	92,79	1,89	0,10	100,00	2,04	0,10
Toco L=0,80 m		250	77,76	1,58	0,10	92,79	1,89	0,10	100,00	2,04	0,10
Curvas de 90°	0,40	250	77,76	1,58	0,10	92,79	1,89	0,10	100,00	2,04	0,10
Válvula de retenção	2,50	250	77,76	1,58	0,40	92,79	1,89	0,50	100,00	2,04	0,60
Registro de gaveta	0,20	250	77,76	1,58	0,10	92,79	1,89	0,10	100,00	2,04	0,10
Toco L=0,25 m		250	77,76	1,58	0,10	92,79	1,89	0,10	100,00	2,04	0,10
Curva de 45° (2)	0,30	250	77,76	1,58	0,10	92,79	1,89	0,10	100,00	2,04	0,10
Curva de 90°	0,40	250	77,76	1,58	0,10	92,79	1,89	0,10	100,00	2,04	0,10
Ampliação (250x300)	0,15	250	77,76	1,58	0,10	92,79	1,89	0,10	100,00	2,04	0,10
Curva de 45° (2)	0,30	300	77,76	1,10	0,10	92,79	1,31	0,10	100,00	1,41	0,10
Ampliação (300x350)	0,15	300	77,76	1,10	0,10	92,79	1,31	0,10	100,00	1,41	0,10
Tubulação PEAD L=90 m		341	77,76	0,85	0,15	92,79	1,02	0,21	100,00	1,10	0,25
Total no barrilete e tubulação de recalque					2,05			2,31			2,55

d) Desnível geométrico (D_g)

- Nível mínimo do plano d'água no açude (NA mínimo).....83,00
- Nível máximo do plano d'água no açude (NA máximo).....94,00
- Cota do terreno natural na Torre Piezométrica.....96,50
- Altura do N.A. na Torre Piezométrica6,80m

$$D_g = (96,5 + 6,80) - 83,00 = 20,30 \text{ m}$$

e) Determinação da AMT

Para o cálculo da altura manométrica total foi usada a seguinte fórmula:

$$AMT = (h_l) + (h_d) + (D_g)$$

2.2.2.2 - Potência dos Motores

A potência dos motores foi determinada pela fórmula de cálculo de potência apresentada anteriormente.

O Quadro 7.0 mostra os elementos utilizados para dimensionamento das eletrobombas, para cada etapa do projeto, os resultados obtidos, assim como, as características operacionais do equipamento.

QUADRO 7.0 – Dimensionamento das Bombas da EEAB-II

ETAPA	1ª ETAPA	2ª ETAPA	3ª ETAPA
VAZÃO TOTAL(L/s)	77,76	92,79	100,00
NÚMERO DE BOMBAS	1	1	1
VAZÃO POR BOMBA(L/s)	77,76	92,79	100,00
ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL			
SUCÇÃO			
Desnível geométrico(m)	0,80	0,80	0,80
Perdas em tocos e conexões(m)	0,40	0,50	0,50
Altura vacuométrica(m)	1,20	1,30	1,30
RECALQUE			
Perdas de carga(m)	2,05	2,31	2,55
Desnível geométrico	19,50	19,50	19,50
Altura manométrica(m)	21,55	21,81	22,05
Altura manométrica total(m)	23,66	24,04	24,29
Altura manométrica adotada(m.c.a)	24,00	25,00	25,00
CARACTERÍSTICA DA BOMBA ADOTADA			
Tipo	Centrífuga	Centrífuga	Centrífuga
Vazão unitária(L/s)	77,76	92,79	100,00
Altura manométrica total(m.c.a)	24	25	25
Rendimento (%)	82,5	82,5	85
Potência do motor calculada(CV)	33,18	41,24	43,14
NPSH disponível(m)	8,12	8,02	8,02
NPSH requerido(m)	2,40	2,80	3,30
Rotor (mm)	258	265	265
CARACTERÍSTICA DO MOTOR			
Potência do motor adotada(CV)	40	50	50
RPM	1730	1750	1750
POLO	IV	IV	IV

2.2.2.3 - Cavitação

Para um bom funcionamento do sistema de bombeamento, isto é, sem ocorrência de cavitação, é necessário que se verifiquem as seguintes condições:

a) Condição I

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

b) Condição II

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

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

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

Conforme o Quadro 2.0:

$$NPSH(d) \text{ da } 1^{\text{a}} \text{ ETAPA} = 8,12 \text{ m}$$

$$NPSH(d) \text{ da } 2^{\text{a}} \text{ ETAPA} = 8,02 \text{ m}$$

$$NPSH(d) \text{ da } 3^{\text{a}} \text{ ETAPA} = 8,02 \text{ m}$$

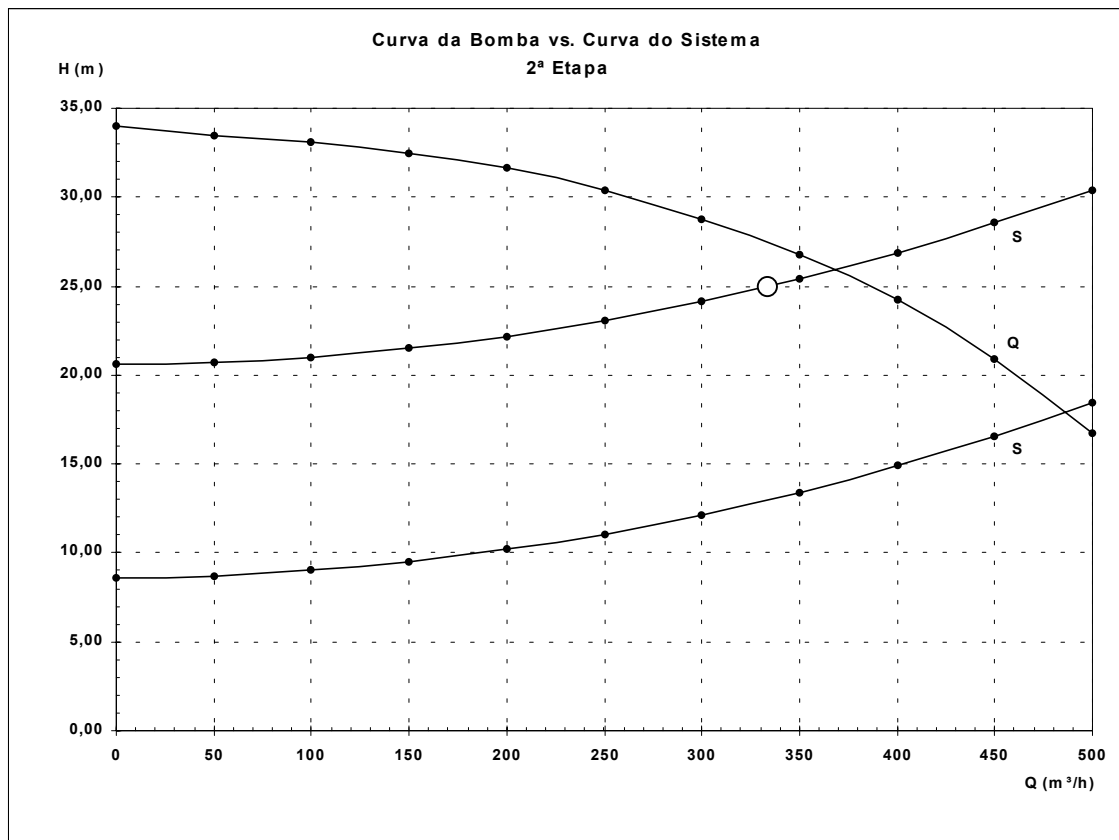
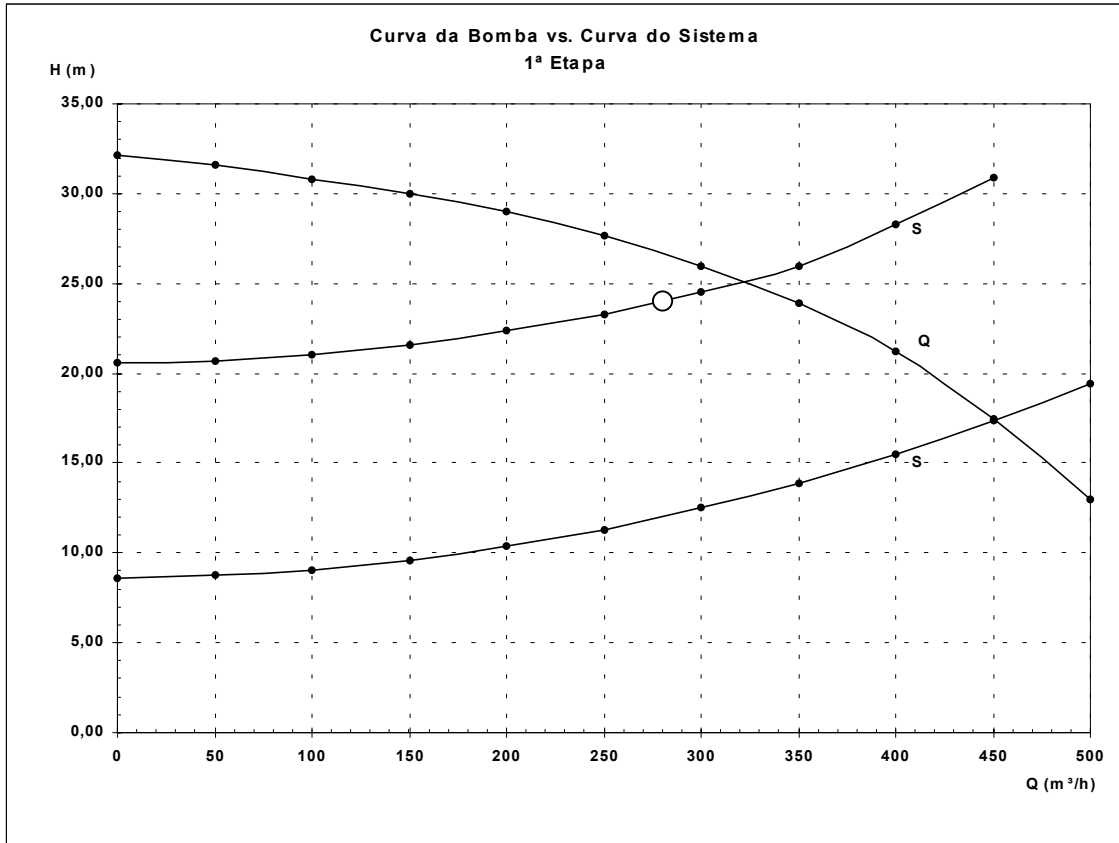
Logo temos:

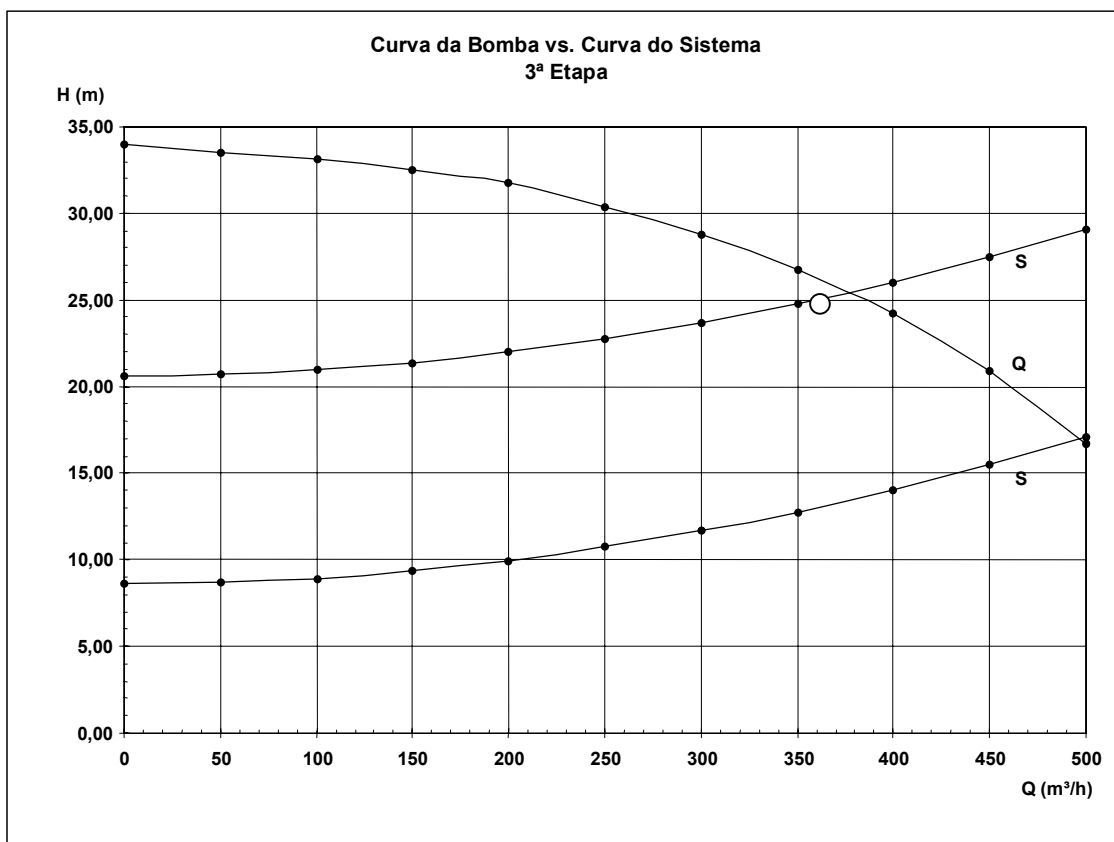
- Verificação quanto as condições operacionais da 1ª ETAPA
 $8,12 > 2,00 + 0,50 = 2,50$
 $8,12 > 2,00 \times 1,20 = 2,40$
- Verificação quanto as condições operacionais da 2ª ETAPA
 $8,02 > 2,50 + 0,50 = 3,00$
 $8,02 > 2,50 \times 1,20 = 3,00$
- Verificação quanto as condições operacionais da 3ª ETAPA
 $8,02 > 3,00 + 0,50 = 3,50$
 $8,02 > 3,00 \times 1,20 = 3,60$

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

2.2.2.4 - Curva da bomba x curva do sistema

Vazão	Bomba			Sistema					
	1ª Etapa	2ª Etapa	3ª Etapa	1ª Etapa		2ª Etapa		3ª Etapa	
	H (m)	H (m)	H (m)	H (m) p/ Ho=20,62	H (m) p/ Ho=8,62	H (m) p/ Ho=20,62	H (m) p/ Ho=8,62	H (m) p/ Ho=20,62	H (m) p/ Ho=8,62
0	32,12	34,00	34,00	20,62	8,62	20,62	8,62	20,62	8,62
50	31,62	33,50	33,50	20,72	8,73	20,72	8,72	20,70	8,70
100	30,81	33,12	33,12	21,05	9,05	21,01	9,01	20,95	8,95
150	30,00	32,50	32,50	21,59	9,59	21,50	9,50	21,38	9,38
200	29,00	31,67	31,75	22,34	10,34	22,19	10,19	21,97	9,97
250	27,70	30,40	30,40	23,31	11,31	23,07	11,07	22,73	10,73
300	26,00	28,78	28,78	24,50	12,50	24,15	12,15	23,66	11,66
350	23,87	26,75	26,75	26,00	13,90	25,43	13,43	24,76	12,76
400	21,25	24,25	24,25	28,32	15,52	26,90	14,90	26,03	14,03
450	17,50	20,87	20,87	30,90	17,35	28,57	16,52	27,46	15,46
500	13,00	16,75	16,75		19,40	30,43	18,43	29,07	17,07





Obs. Os pontos assinalados com “O” nos gráficos indicam o ponto de funcionamento requerido.

Nos Quadros 8.0 a 10.0 são apresentadas as perdas de carga ao longo da adutora, assim como o desnível geométrico e o valor das cotas piezométricas e das pressões necessárias para o funcionamento do sistema em cada etapa. Na Figura 4.0 é apresentado o gráfico das cotas piezométricas para cada etapa do projeto.

QUADRO 8.0

QUADRO 9.0

QUADRO 10.0

FIGURA 4.0 (COTA PIEZOMÉTRICA – IMPRIMIR EM A3)

2.3 - ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA – (EEAT)

2.3.1 - Dimensionamento dos Conjuntos motobomba

2.3.1.1 - Altura Manométrica Total – AMT

a) Perda de carga distribuída (h_d) e desnível geométrico (D_g)

As perdas de carga distribuídas (h_d) do sistema foram determinadas a partir da fórmula universal com fator de atrito calculado pela fórmula de Colebrook, ambas apresentadas anteriormente.

b) Perda de carga localizada (h_l)

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

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

O Quadro 11.0 apresenta os respectivos valores de h_l e h_d na sucção e no barrilete em função das vazões requeridas nas três etapas do projeto.

Quadro 11.0 - Perdas de carga na EEAT: Sucção e Barrilete

PEÇA	K	DN (mm)	1ª Etapa			2ª Etapa			3ª 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)
Crivo	0,75	250	49,76	1,01	0,00	59,39	1,21	0,00	64,00	1,30	0,00
Toco L=0,70 m		250	49,76	1,01	0,10	59,39	1,21	0,10	64,00	1,30	0,10
Registro de gaveta	0,20	250	49,76	1,01	0,10	59,39	1,21	0,10	64,00	1,30	0,10
Redução excêntrica	0,15	150	49,76	2,82	0,00	59,39	3,36	0,00	64,00	3,62	0,00
Total na sucção					0,20			0,20			0,20
Redução normal	0,30	100	49,76	6,34	0,70	59,39	7,56	0,90	64,00	8,15	1,10
Curvas de 90°	0,40	200	49,76	1,58	0,10	59,39	1,89	0,10	64,00	2,04	0,10
Toco L=1,00m		200	49,76	1,58	0,10	59,39	1,89	0,10	64,00	2,04	0,10
Curvas de 90°	0,40	200	49,76	1,58	0,10	59,39	1,89	0,10	64,00	2,04	0,10
Toco L=1,00 m		200	49,76	1,58	0,10	59,39	1,89	0,10	64,00	2,04	0,10
Curvas de 90°	0,40	200	49,76	1,58	0,10	59,39	1,89	0,10	64,00	2,04	0,10
Válvula de retenção	2,50	200	49,76	1,58	0,40	59,39	1,89	0,50	64,00	2,04	0,60
Registro de gaveta	0,20	200	49,76	1,58	0,10	59,39	1,89	0,10	64,00	2,04	0,10
Toco L=1,00m		200	49,76	1,58	0,10	59,39	1,89	0,10	64,00	2,04	0,10
Curva de 22°	0,30	200	49,76	1,58	0,10	59,39	1,89	0,10	64,00	2,04	0,10
Toco L=2,0 m		200	49,76	1,58	0,10	59,39	1,89	0,10	64,00	2,04	0,15
Ampliação 200x300	0,15	200	49,76	1,58	0,10	59,39	1,89	0,10	64,00	2,04	0,10
Curva de 45°	0,40	400	49,76	0,40	0,10	59,39	0,47	0,10	64,00	0,51	0,10
Tubulação L=10,0 m		400	149,29	1,19	0,10	178,16	1,42	0,10	192,00	1,53	0,10
Válvula de retenção	2,50	400	149,29	1,19	0,20	178,16	1,42	0,30	192,00	1,53	0,30
Válvula borboleta	0,20	400	149,29	1,19	0,10	178,16	1,42	0,10	192,00	1,53	0,10
Macromedidor		400	149,29	1,19	1,00	178,16	1,42	1,00	192,00	1,53	1,00
Curvas de 90°	0,40	400	149,29	1,19	0,10	178,16	1,42	0,10	192,00	1,53	0,10
Total no barrilete					3,70			4,10			4,45

c) Determinação da AMT

Para o cálculo da altura manométrica total foi usada a seguinte fórmula:

$$AMT=(h_l)+(h_d)+(h_{fa})+(D_g)$$

Onde: h_{fa} = Perda de carga na adutora e D_g = Desnível geométrico.

2.3.1.2 - Potência dos Motores

A potência dos motores foi determinada pela fórmula de cálculo de potência apresentada anteriormente.

O Quadro 12.0 mostra os elementos utilizados para dimensionamento das eletrobombas, para cada etapa do projeto, os resultados obtidos, assim como, as características operacionais do equipamento.

Quadro 12.0 – Dimensionamento das Bombas da EEAT

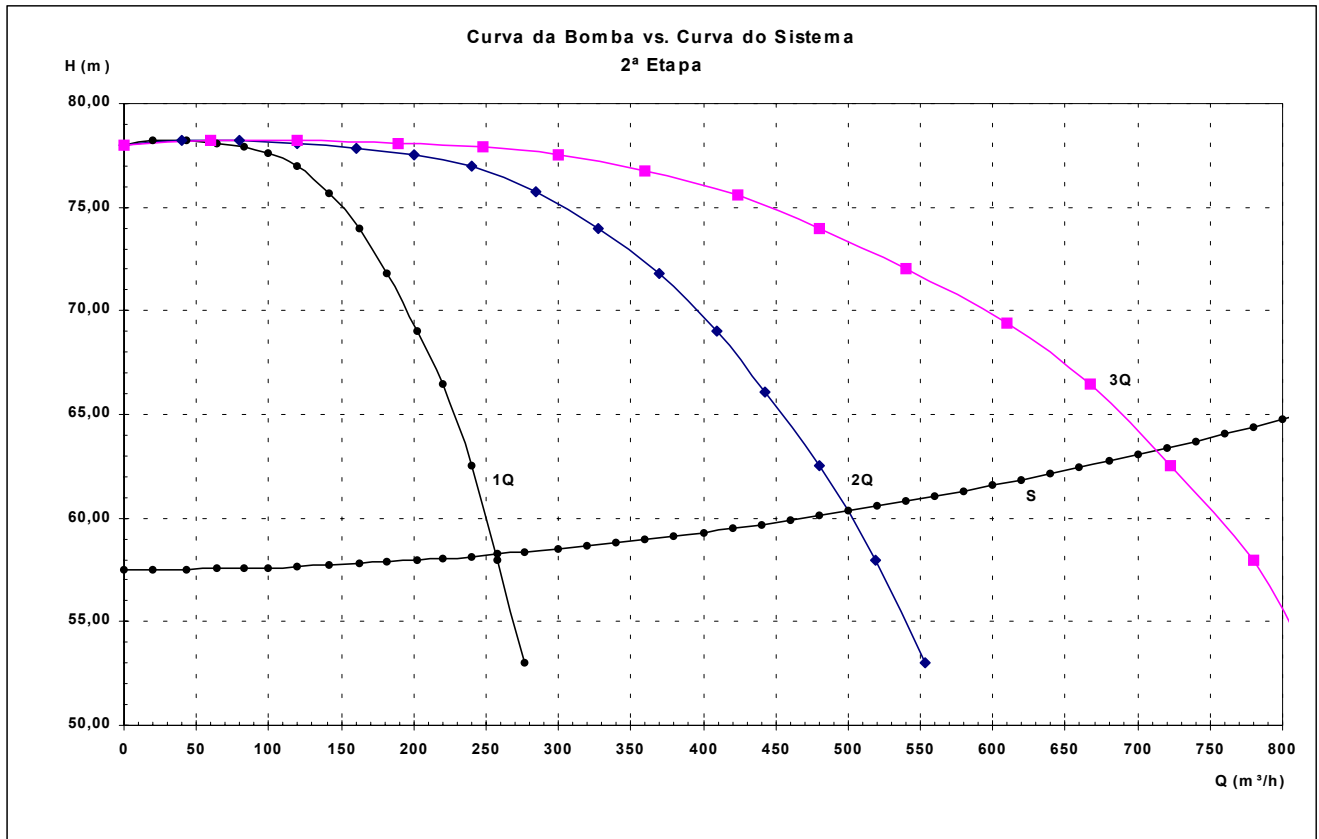
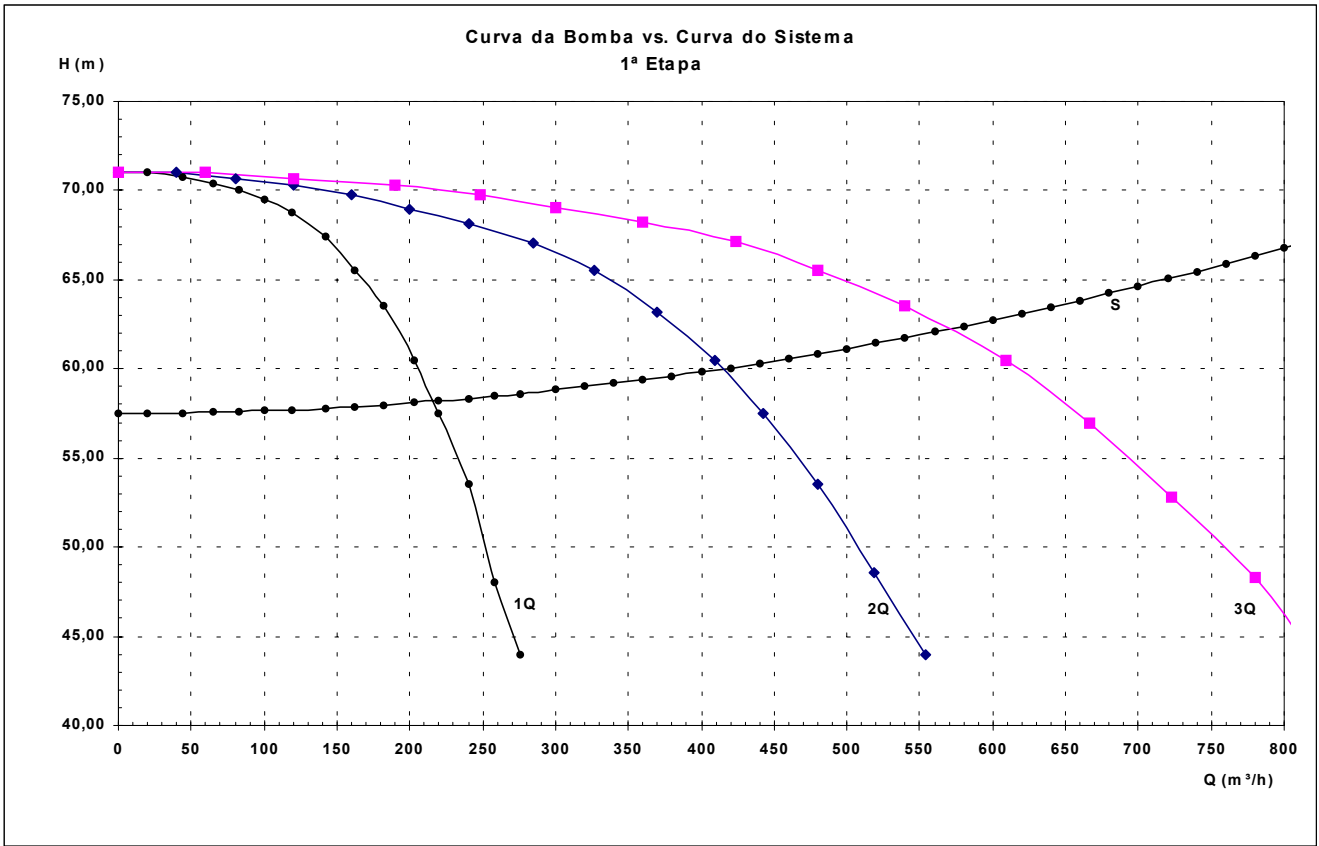
ETAPA	1ª ETAPA	2ª ETAPA	3ª ETAPA
VAZÃO TOTAL(L/s)	149,29	178,16	192,00
NÚMERO DE BOMBAS	3	3	3
VAZÃO POR BOMBA(L/s)	49,76	59,39	64,00
ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL			
SUCÇÃO			
Desnível geométrico(m)	0,00	0,00	0,00
Perdas em tocos e conexões(m)	0,20	0,20	0,20
Altura vacuométrica(m)	0,20	0,20	0,20
RECALQUE			
Perdas no barrilete(m)	3,70	4,10	4,45
Carga na saída da adutora (m)	57,72	57,78	57,82
Altura manométrica(m)	61,42	61,88	62,27
Altura manométrica total(m)	61,62	62,08	62,47
Altura manométrica adotada(m.c.a)	61,70	62,16	62,79
CARACTERÍSTICA DA BOMBA ADOTADA			
Tipo	Centrífuga	Centrífuga	Centrífuga
Vazão unitária(L/s)	49,76	59,39	64,00
Altura manométrica total(m.c.a)	61,70	62,16	62,79
Rendimento (%)*	79	80	79
Potência do motor calculada(CV)	57,00	67,68	74,61
NPSH disponível(m)	9,12	9,12	9,12
NPSH requerido(m)	2,00	2,50	3,00
Rotor (mm)	360	380	380
CARACTERÍSTICA DO MOTOR			
Potência do motor adotada(CV)	60	75	75
RPM	3500	3500	3500
POLO	II	II	II

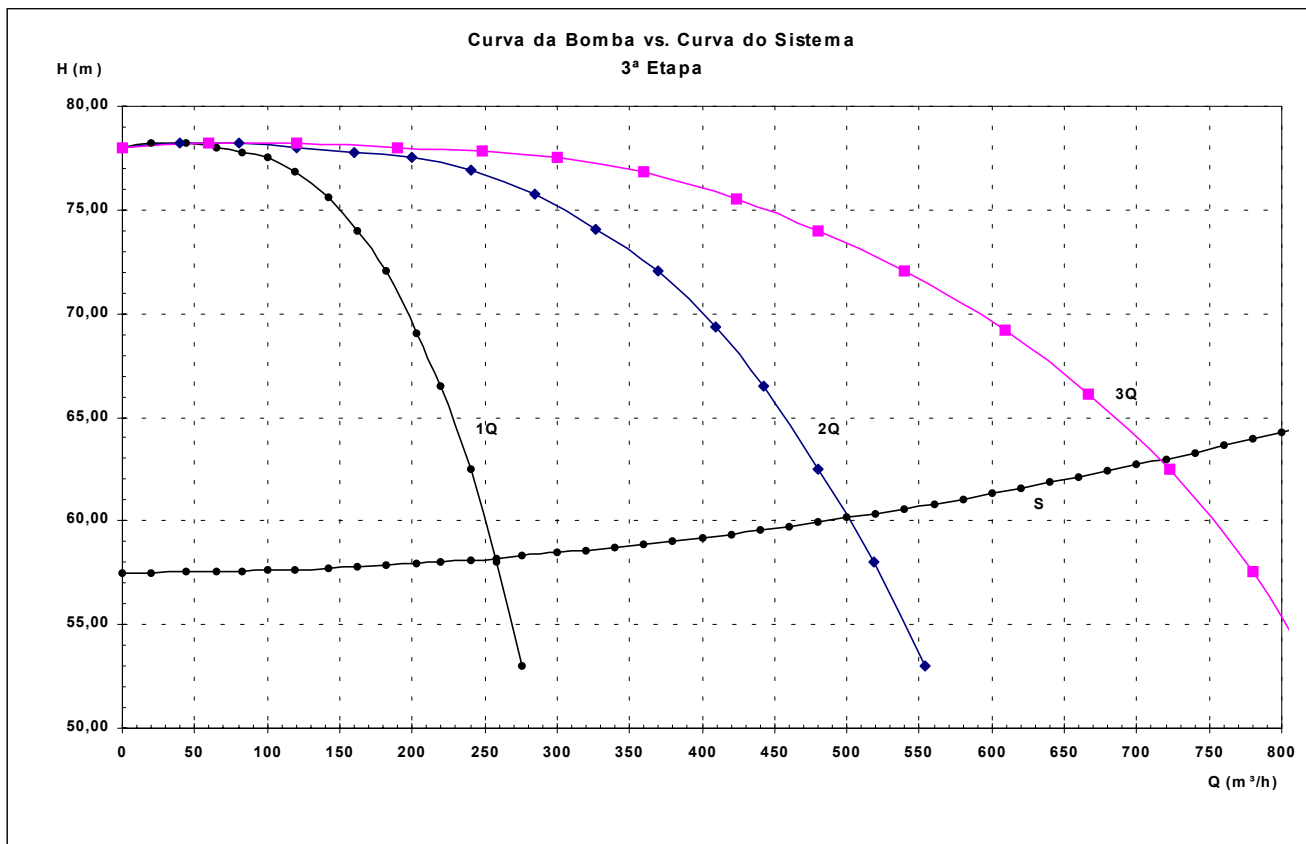
2.3.1.3 - Curva da bomba x curva do sistema

Vazão Q (m³/h)	Bomba			Sistema		
	1ª Etapa	2ª Etapa	3ª Etapa	1ª Etapa	2ª Etapa	3ª Etapa
0,00	71,00	78,00	78,00	57,50	57,50	57,50
20,00	71,00	78,20	78,20	57,51	57,50	57,50
43,70	70,74	78,20	78,20	57,53	57,52	57,52
64,60	70,36	78,09	78,00	57,56	57,55	57,54
83,00	70,00	77,92	77,80	57,60	57,58	57,57
100,00	69,47	77,58	77,50	57,65	57,61	57,61
119,20	68,77	77,00	76,85	57,71	57,66	57,65
142,00	67,41	75,67	75,62	57,79	57,73	57,71
162,60	65,50	74,00	74,00	57,88	57,80	57,78
181,90	63,50	71,82	72,05	57,98	57,87	57,85
202,70	60,50	69,05	69,05	58,10	57,97	57,94
219,70	57,50	66,50	66,50	58,20	58,05	58,01
240,00	53,50	62,50	62,50	58,34	58,15	58,11
258,00	48,00	58,00	58,00	58,47	58,25	58,20
276,10	44,00	53,00	53,00	58,61	58,36	58,31

Vazão Q (m³/h)	2 Bombas em Paralelo		
	1ª Etapa H (m)	2ª Etapa H (m)	3ª Etapa H (m)
0,00	71,00	78,00	78,00
40,00	71,00	78,20	78,20
80,00	70,65	78,20	78,20
120,00	70,30	78,03	78,02
160,00	69,78	77,81	77,80
200,00	69,00	77,50	77,50
240,00	68,16	76,95	76,93
284,60	67,06	75,71	75,79
327,10	65,50	74,00	74,10
369,70	63,18	71,78	72,05
409,00	60,50	69,05	69,37
442,60	57,50	66,07	66,50
480,00	53,50	62,50	62,50
518,70	48,55	58,00	58,00
553,50	44,00	53,00	53,00

Vazão Q (m³/h)	3 Bombas em Paralelo		
	1ª Etapa H (m)	2ª Etapa H (m)	3ª Etapa H (m)
0,00	71,00	78,00	78,00
60,00	71,00	78,20	78,20
120,00	70,71	78,20	78,20
189,50	70,30	78,05	77,97
248,30	69,78	77,91	77,82
300,00	69,09	77,50	77,50
360,00	68,22	76,74	76,83
423,70	67,15	75,57	75,49
480,00	65,50	74,00	74,00
540,00	63,50	72,05	72,05
609,40	60,50	69,38	69,22
666,70	57,00	66,50	66,10
723,00	52,78	62,50	62,50
779,80	48,32	58,00	57,58
818,30	44,00	53,00	53,00





Nos Quadros 13.0 a 15.0 são apresentadas as perdas de carga ao longo da adutora, assim como o desnível geométrico e o valor das cotas piezométricas e das pressões necessárias para o funcionamento do sistema em cada etapa. Na Figura 5.0 é apresentado o gráfico das cotas piezométricas para cada etapa do projeto.

QUADRO 13.0 – Cálculo das Cotas Piezométricas da Adutora de Água Tratada-I (AAT-I) – 1ª Etapa

ESTACA	TN	ESTACA	TN	DIST. (m)	VAZÃO (L/s)	DIAM. NOM. (mm)	DIAM. INT. (mm)	VEL. (m/s)	PERDA CARGA UNIT.(m)	PERDA CARGA TOTAL(m)	DESN. (m)	COTA PIEZ. (m)		CARGA (mca)					
												INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL				
0	+	0,00	87,0	4	+	0,00	95,0	80,00	149,29	500	489,4	0,79	0,00098	0,078	8,00	144,72	144,64	57,72	49,64
4	+	0,00	95,0	11	+	5,50	139,0	145,50	149,29	500	489,4	0,79	0,00098	0,142	44,00	144,64	144,50	49,64	5,50
TOTAL				225,50				0,220				52,00							

QUADRO 14.0 – Cálculo das Cotas Piezométricas da Adutora de Água Tratada-I (AAT-I) – 2ª Etapa

ESTACA	TN	ESTACA	TN	DIST. (m)	VAZÃO (L/s)	DIAM. NOM. (mm)	DIAM. INT. (mm)	VEL. (m/s)	PERDA CARGA UNIT.(m)	PERDA CARGA TOTAL(m)	DESN. (m)	COTA PIEZ. (m)		CARGA (mca)					
												INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL				
0	+	0,00	87,0	4	+	0,00	95,0	80,00	178,16	500	489,4	0,95	0,00136	0,109	8,00	144,81	144,70	57,81	49,70
4	+	0,00	95,0	11	+	5,50	139,0	145,50	178,16	500	489,4	0,95	0,00136	0,198	44,00	144,70	144,50	49,70	5,50
TOTAL				225,50				0,307				52,00							

QUADRO 15.0 – Cálculo das Cotas Piezométricas da Adutora de Água Tratada-I (AAT-I) – 3ª Etapa

ESTACA	TN	ESTACA	TN	DIST. (m)	VAZÃO (L/s)	DIAM. NOM. (mm)	DIAM. INT. (mm)	VEL. (m/s)	PERDA CARGA UNIT.(m)	PERDA CARGA TOTAL(m)	DESN. (m)	COTA PIEZ. (m)		CARGA (mca)					
												INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL				
0	+	0,00	87,0	4	+	0,00	95,0	80,00	192,00	500	489,4	1,02	0,00157	0,126	8,00	144,85	144,73	57,85	49,73
4	+	0,00	95,0	11	+	5,50	139,0	145,50	192,00	500	489,4	1,02	0,00157	0,229	44,00	144,73	144,50	49,73	5,50
TOTAL				225,50				0,354				52,00							

FIGURA 5.0 (Cota Piezométrica - IMPRIMIR EM A3)

2.4 - ADUÇÃO

2.4.1 - Traçado e Diâmetros

O traçado e os diâmetros do sistema adutor foram abordados no Anteprojeto (ver item 7.2.1 do respectivo relatório).

O quadro 16.0 apresenta as principais características do sistema.

2.4.2 - Blocos de Ancoragem

Procedeu-se ao cálculo da ancoragem da adutora considerando:

a) o valor do empuxo dado por:

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

onde: E = Empuxo, Kg;

S = Seção da tubulação em cm²;

P = Pressão interna em kg/cm²;

θ = Ângulo da curva.

b) $A = \frac{E}{\sigma_{adm}}$, onde:

onde: A = área de contato, cm²;

E = Empuxo, 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-24/33-001.

Quadro 16

2.4.3 - Movimento de Terra

No sistema adutor a tubulação em PVC DEFOFO será enterrada e estará assente numa vala cujas dimensões obedecerão aos valores do quadro 17.0.

Quadro 17.0 - Dimensões das valas

TUBO		VALA	
DN	Diâmetro Externo(mm)	Profundidade (m)	Largura(m)
500	532	1,50	1,00
400	429	1,40	0,90
150	170	1,10	0,70
110	118	1,00	0,65

Outrossim, nos trechos em que a investigação geotécnica, procedida no eixo do caminhamento da adutora, classificar o solo como enquadrado nas categorias 2^o. e 3^o. , os tubos serão dispostos sobre um leito de areia fina, com 0,10m de espessura.

O volume e classificação do material a escavar, bem como, o volume do leito de areia, em termos estimativos são os indicados no Quadro 18.0:

Quadro 18.0 - Material a escavar e leito de areia

CATEGORIA	VOLUME (m ³)	%
1 ^o	12.070	59,65
2 ^o	6.125	30,27
3 ^o	2.040	10,08
TOTAL	20.235	100
Leito do areia	248	-

2.5 - ESTAÇÃO DE TRATAMENTO D'ÁGUA – ETA

2.5.1 - Generalidades

No processo de seleção do tipo mais adequado para tratamento da água bruta, levou-se em consideração as análises físico-químicas e bacteriológicas de amostras de água coletadas no dia 09/01/2002 nos riachos Gereraú e Sapupara próximo aos locais dos barramentos, cujos resultados estão respectivamente nos Quadros 19.0 e 20.0.

QUADRO 19.0 - CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIACHO GERERAÚ

Parâmetros	Índice	
	Amostra	Limite
Turbidez	127,0 UT	5
Cor	280,0 UH	15
Odor	inodoro	inodoro
PH	6,96	6,0– 9,5
Alcalinidade Hidróxidos	0	
Alcalinidade Carbonatos	0	
Alcalinidade Bicarbonatos	45,0mgCaCO ³ /L	
Dureza	68,0mg CaCO ³ /L	500
Cálcio	14,4 mg Ca/L	
Magnésio	7,6 mg Mg/L	150
Condutividade	346,0 mS/cm	750
Cloretos	58,0 mg Cl-/L	250
Cloro residual	Ausência	0,2-2,0
Sulfatos	37,0mg S0=4/L	250
Ferro	2,94 mg Fe/L	0,3
O ₂ consumido	16,3 mg O ₂ /L	1,5
Sódio	24,9 mg Na/L	200
Potássio	23,9 mg K/L	
Nitritos	0,94 mg N-N0-2/L	1,0
Nitratos	4,0 mg N-N0-3/L	10
Amônia	0,54 mg N-NH-3/L	1,5
Sólidos Totais	180,0 mg STD/L	1000
Alumínio	0,01 mgAl/L	0,2

FONTE: CAGECE - Companhia de Água e Esgoto do Ceará

QUADRO 20.0 - CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIACHO SAPUPARA

Parâmetros	Índice	
	Amostra	Limite
Turbidez	106,0 UT	5
Cor	200,0 UH	15
Odor	inodoro	inodoro
pH	7,01	6,0– 9,5
Alcalinidade Hidróxidos	0	
Alcalinidade Carbonatos	0	
Alcalinidade Bicarbonatos	76,0mgCaCO ³ /L	
Dureza	94,0mg CaCO ³ /L	500
Cálcio	16,0 mg Ca/L	
Magnésio	12,9 mg Mg/L	150
Condutividade	460,0 mS/cm	750
Cloretos	75,0 mg Cl-/L	250
Cloro residual	Ausência	0,2-2,0
Sulfatos	39,05 mg SO ₄ =4/L	250
Ferro	3,56 mg Fe/L	0,3
O ₂ consumido	19,0 mg O ₂ /L	1,5
Sódio	36,0 mg Na/L	200
Potássio	29,3 mg K/L	
Nitritos	1,52 mg N-NO-2/L	1,0
Nitratos	2,45 mg N-NO-3/L	10
Amônia	0,48 mg N-NH-3/L	1,5
Sólidos Totais	239,0 mg STD/L	1000
Alumínio	0,02 mgAl/L	0,2

FONTE: CAGECE - Companhia de Água e Esgoto do Ceará

De acordo com as análises, constata-se que a água dos referidos açudes é passível de utilização, desde que submetida a tratamento adequado, tendo em vista alguns elementos excederem os limites toleráveis, que são: turbidez, cor, ferro, oxigênio consumido e nitrito. Os altos teores desses elementos, caracterizam a presença de matéria orgânica em decomposição, possivelmente resultante da pouca quantidade de água no leito do riacho, na ocasião da coleta. Vale ressaltar que com a construção dos açudes deverá ser coletada água destes com intuito de se obter resultados mais representativas da água a ser tratada.

Da análise procedida decidiu-se pela adoção da filtração direta ascendente como processo de tratamento d'água, a fim de enquadrá-la nos padrões de potabilidade preconizados pela legislação em vigor (Port. 36/90 do Ministério da Saúde).

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.

Em razão dos teores de ferro excederem o limite permissível, adotou-se como processo adicional a aeração da água bruta, o que será feito por meio de aerador de bandeja instalado na câmara de carga.

2.5.2 - Componentes da ETA

Para este sistema integrado de abastecimento de água foi projetada, então, uma ETA, composta de câmara de carga com aerador de bandeja, seis filtros de fluxo ascendente, casa de química e um reservatório elevado, o qual se destinará ao suprimento da casa de química e ao processo de lavagem dos filtros.

O aerador será instalado no topo da câmara de carga.

2.5.3 - Dimensionamento dos Filtros

a) Parâmetros adotados:

- Q (1ª Etapa) 149,29 L/s; 0,149290 m³/s
- Q (2ª Etapa) 178,16 L/s; 0,017816 m³/s
- Q (3ª Etapa) 192,00 L/s; 0,019200 m³/s
- Tempo Máximo Diário de Operação da ETA (Td)..... 20 horas
- Taxa de Filtração Máxima Diária (Tf)..... 120 m³/m² x dia

b) Área Filtrante Total(Aft)

$$A_{ft} = \frac{Q}{T_f} = \frac{0,014929 \times 72000}{120} = 89,57 \text{m}^2 \text{ (1ª Etapa)}$$

$$= \frac{0,017816 \times 72000}{120} = 106,90 \text{m}^2 \text{ (2ª Etapa)}$$

$$= \frac{0,019200 \times 72000}{120} = 115,20 \text{m}^2 \text{ (3ª Etapa)}$$

c) Número mínimo de Unidades Filtrante(N)

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

$$c = \frac{72000 \times 115,20}{1.000.000} = 8,29 \text{ milhões de L/dia (3ª Etapa)}$$

$$N = 1,4 \sqrt{8,29} = 4,03 \text{ (3ª Etapa)}$$

Adotaram-se 6 (seis) filtros.

d) Área do Filtro (Af)

$$Af = \frac{Aft}{N} = \frac{115,20}{6} = 19,20 \text{ m}^2 \text{ (3ª Etapa)}$$

e) Diâmetro de cada Filtro (Df)

$$Df = \sqrt{(4 * Af)/\pi} = 4,94\text{m}$$

Adotado o diâmetro de 5,00 m com área filtrante (Afa) de 19,63 m².

f) Taxa de Filtração Máxima na 3ª Etapa (Tf)

$$Tf = ((Q/1000) * Td * 3600) / (Afa * N) = 117,35 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{dia}$$

g) Implantação dos filtros

Como na 1ª etapa a área filtrante total (Aft) é de 89,57 m² e a de cada filtro é de 16,63 m², resultando, assim, em uma necessidade mínima de 5 (quatro) filtros, serão implantados os 6 (seis) filtros já nesta etapa.

2.5.4 - Lavagem dos Filtros (EELF)

a) Vazão de lavagem (q):

$$q = v \times Afa$$

onde: v - velocidade de lavagem (m/s)

Afa - área do filtro adotado (m²)

Sabe-se que:

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

Adotou-se $v = 0,80$ m/min

Então:

$$q = \frac{0,80 \times 19,63}{60} = 0,262 \text{ m}^3/\text{s}$$

Adotou-se $q = 262$ L/s.

b) Volume de lavagem (V)

$$V = q \times T$$

onde:

T - tempo de lavagem (s)

Sabe-se que:

$T \geq 10$ min (NBR 12.216), então:

$$V = 0,262 \times 10 \times 60 = 157,2 \text{ m}^3.$$

c) Volume do Reservatório (RE) de Lavagem (Vre)

$$Vre = V \times 1,10 = 172,92 \text{ m}^3.$$

Adotado: Vol. de 200 m^3 .

d) Carga Hidráulica para Lavagem dos Filtros

1) Perda da carga no leito filtrante (h_{fr})

Leito filtrante: areia (densidade relativa $\rightarrow S_s = 2,65$;

porosidade inicial $\rightarrow P_0 = 0,42$)

Altura do leito não expandido (l_0): $2,0\text{m}$

Então:

$$h_{fr} = l_0 (S_s - 1) \cdot (1 - P_0)$$

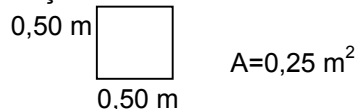
$$h_{fr} = 2 (2,65 - 1) (1 - 0,42)$$

$$h_{fr} = 1,91$$

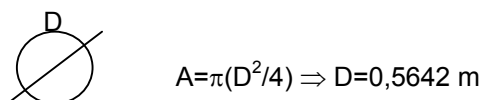
2) Altura da camada suporte: 0,80m → Perda de carga estimada $hf_s = 0,60m$

3) Perda de carga no conduto central (hf_c)

Seção do conduto



Seção circular com área equivalente



$$hf_c = 10,64 (0,262/120)^{1,85} \times (0,5642)^{-4,87} \times 5,00$$

$$hf_c = 0,010 \text{ m}$$

4) Perda de carga na tubulação perfurada (hf_p)

$$Q=0,262 \text{ m}^3/\text{s}; q=0,005954 \text{ m}^3/\text{s}; DI=0,0528 \text{ m}; L=2,20 \text{ m}; F=0,368$$

$$hf_p = 10,64 (0,005954/100)^{1,85} \times (0,0528)^{-4,87} \times 2,20 \times 0,368$$

$$hf_p = 0,38 \text{ m}$$

5) Desnível geom. entre o nível de entrada e de saída d'água no filtro: 3,60 (hg)

6) Perda de carga na interligação Reservatório Elevado → Filtro (hfi)

PLANTA	ÍTEM	PEÇA	DN	QUANT.	L. eq
29/33	19	Extremidade FoFo L=0,70 m	400	1	0,70
	20	Tubo FoFo L=4,50 m	400	1	4,50
	21	Tubo FoFo L=5,00 m	400	1	5,00
	22	Curva 90° FoFo	400	1	4,00
	23	Tubo FoFo L=1,00 m	400	2	1,00
	24	Registro de gaveta FoFo	400	1	2,00
08/33	06	Tubo FoFo L=5,00 m	400	1	5,00
	07	Tubo FoFo L=6,00 m	400	1	6,00
	08	Curva 45° FoFo	400	1	2,00
	09	Tubo FoFo L=1,00 m	400	1	1,00
	16/21/22	Tubulação FoFo L=13,00 m	400	1	13,00
	23	Curva 90° FoFo	400	1	4,00
	16/21/22	Tubulação FoFo L=12,00 m	400	1	12,00
	16	Curva 90° FoFo	400	1	4,00
	17/18/19	Tubulação FoFo L=1,80 m	400	1	1,80
	20	Registro de gaveta FoFo	400	1	2,00
	09/10	Tubulação FoFo L=1,20 m	400	1	1,20
TOTAL					69,20

$$h_{fi} = 10,64 (0,262/100)^{1,85} \times (0,400)^{-4,87} \times 69,20$$

$$h_{fi} = 1,07 \text{ m}$$

7) Carga total necessária para lavagem do filtro(Hz)

$$Hz = h_{ff} + h_{fs} + h_{fc} + h_{fp} + h_g + h_{fi}$$

$$Hz = 7,57 \text{ m}$$

8) Carga disponível: 10m, correspondente ao fuste do Reservatório elevado projetado.

Conclusão: O volume de água necessário para lavagem dos filtros será estocado no Reservatório Elevado, o qual oferece carga suficiente para efetivação desse procedimento.

2.5.5 - Volume do Poço de Sucção da EEAT (VPS)

Um reservatório apoiado com função de poço de sucção será construído junto à EEAT projetada, o qual acumulará um volume d'água de 188 m³, que permitirá o funcionamento do equipamento de bombeamento de água bruta durante dezesseis minutos, sem realimentação, considerando a vazão do horizonte do projeto.

2.5.6 - Quantidade de Produtos Químicos

A quantidade de produtos químicos necessários para o tratamento d'água no final de cada etapa do projeto deverá seguir os valores apresentados no Quadro 21.0.

Quadro 21.0

2.6 - RESERVAÇÃO

2.6.1 - 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.

Outrossim o volume flutuante, para dimensionamento dos reservatórios elevados, foi determinado em função dos percentuais de consumo médio horário e do percentual de consumo de intervalos de 2h, levando em conta a operação do sistema adutor em 20 horas diárias

2.6.2 - Dimensionamento da Reservação

2.6.2.1 - Fórmula Utilizada

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

$$V_f = \% \text{ (balanço superávit/déficit) } V$$

onde: Q = vazão máxima diária (L/s);

Td = Tempo máximo de funcionamento diário.

Vf = Volume flutuante

2.6.2.2 - Reservação Complementar

No Quadro 22 fez-se um cotejo entre a reservação existente e a necessária para armazenamento diário, onde se constata a necessidade, na 1ª Etapa, de ampliação da reservação na cidade de Maranguape e construção de reservatórios elevados, também, na 1ª etapa para as demais localidades.

QUADRO 22.0 - Volumes de Reservação Existentes e Necessários

LOCALIDADE	EXISTENTE			RESERVA NECESSÁRIA			DEFICIT		
	RA	RE	TOTAL	1ª ETAPA	2ª ETAPA	3ª ETAPA	1ª ETAPA	2ª ETAPA	3ª ETAPA
Maranguape	0,00	1.120,00	1.120,00	3.136,41	3.734,61	4.016,50	2.016,41	2.614,61	2.896,50
Sapupara	0,00	0,00	0,00	406,12	491,93	535,61	406,12	491,93	535,61
Total	0,00	1.120,00	1.120,00	3.542,53	4.226,53	4.552,12	2.422,53	3.106,53	3.432,12
Urucará	0,00	0,00	0,00	40,46	49,42	55,88	40,46	49,42	55,88
TOTAL	0,00	1.120,00	1.120,00	3.582,99	4.275,96	4.608,00	2.462,99	3.155,96	3.488,00

Os Quadros 23.0 e 24.0 apresentam o cálculo do volume de água flutuante, que corresponde ao percentual do volume necessário de armazenamento (1/3 da demanda diária) que estará disponível à população, em reservatório elevado.

QUADRO 23.0 – Percentual de água fluante (%)

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

QUADRO 24.0 – Volume de água fluante - m³

LOCALIDADE	VOLUME FLUTUANTE		
	1ª ETAPA	2ª ETAPA	3ª ETAPA
Maranguape	522,73	622,43	669,42
Sapupara	67,69	81,99	89,27
Urucará	6,74	8,24	9,31
TOTAL	1.187,59	1.417,08	1.526,69

Analisando os Quadros 22.0 e 24.0, constata-se que, para a cidade de Maranguape a reservação existente em reservatório elevado já comporta o volume fluante no ano de horizonte do projeto, sendo necessário apenas a construção de reservatório apoiado para a complementação do volume necessário de armazenamento diário.

No entanto será construído mais um reservatório elevado no final da adutora, ora projetada, cujo volume será deduzido do volume do reservatório apoiado a ser construído.

Referido reservatório atenderá a zona urbana daquela cidade, onde se verifica problema de abastecimento em razão de pressão insuficiente na rede de distribuição.

Na localidade de Sapupara será construído um reservatório elevado de 100 m³, para atender ao volume fluante. Já para a localidade de Urucará será construído um reservatório elevado de 75 m³, que corresponde ao volume total de armazenamento (Flutuante + apoiado).

O volume complementar para Maranguape e Sapupara será armazenado num reservatório apoiado localizado em ponto alto próximo a ETA, denominado de reservatório apoiado de distribuição – RAD.

O Quadro 25.0 apresenta a reservação complementar necessária etapa por etapa.

QUADRO 25.0 – Reservação complementar - m³

LOCALIDADE	1ª ETAPA		2ª ETAPA		3ª ETAPA		TOTAL		TOTAL ARMAZ.
	RE	RA	RE	RA	RE	RA	RE	RA	
Maranguape	0,00	2.016,41	0,00	598,20	0,00	281,90	0,00	2.896,50	2.896,50
Sapupara	67,69	338,43	14,30	71,50	7,28	36,41	89,27	446,34	535,61
Total	67,69	2.354,84	14,30	669,70	7,28	318,30	89,27	3.342,85	3.432,12
Urucará	6,74	33,72	1,49	7,47	1,08	5,38	9,31	46,57	55,88

RA - Reservatório apoiado

RE - Reservatório elevado

Finalmente apresenta-se no quadro 26.0 o volume dos reservatórios a construir, os quais deverão ser executados todos na 1ª etapa, em razão das carências constadas, conforme se depreende da análise dos quadros expostos e da leitura do texto.

QUADRO 26.0 Reservatórios a Construir (Capacidade m³)

LOCAL	RESERVATÓRIO	
	RE	RA
MARANGUAPE	200	3200 ¹⁾
SAPUPARA	100	
URUCARÁ	75	
JARDIM IRACEMA	75 ²⁾	

- 1) Trata-se do reservatório apoiado de distribuição - RAD
- 2) Esse reservatório atende a população da periferia da cidade de Maranguape (zona de expansão) cujo n° de habitantes se contabiliza juntamente com o n° de habitantes daquela cidade.

2.7 - PROJETO ELÉTRICO

2.7.1 - Preliminares

O presente memorial de cálculo tem por objetivo a determinação das demandas previstas para o sistema, incluindo os principais equipamentos e acessórios. Para os cálculos usamos os seguintes dados:

Sistema Elétrico da COELCE:

- Tensão primária: 13.800V
- Tensão secundária trifásica: 380V
- Tensão secundária monofásica: 220V
- Frequência: 60 Hz.

2.7.2 - Memorial de Cálculo do Projeto Elétrico

2.7.2.1 - QDLF-I

2.7.2.1.1 Alimentação do Circuito 1 : Iluminação interna

3 luminárias com 2 lâmpadas fluorescentes de 32 W/220V.....306 W.

Carga total:.....306 W.

$$I_{IL} = 1,39 \text{ A}$$

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

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

Cabo estimado: 1,5mm²

Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{1,39 \times 15 \times 0,92}{56 \times 1,5} = 0,23\text{V}$$

$$\Delta U\% = \frac{0,23}{220} \times 100 = 0,10\%$$

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

Proteção do circuito

$$I_p = 1,15 \times 1,39 = 1,60 \text{ A}$$

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

2.7.2.1.2 Alimentação do Circuito 2 : Tomadas Uso Geral

Carga: 2 tomadas 15A/220V tipo 2P+T.....200 W.

Carga total:.....200 W.

$$I_{It} = 0,96 \text{ A}$$

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

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

Cabo estimado: 2,5 mm²

Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{0,96 \times 10 \times 0,92}{56 \times 2,5} = 0,06 \text{ V}$$

$$\Delta U\% = \frac{0,06}{220} \times 100 = 0,03\%$$

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

Proteção do Circuito

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

Como a corrente máxima que o cabo suporta é de 23 A, escolhemos o disjuntor monofásico de 20 A /250V, em caixa moldada.

2.7.2.1.3 Alimentação do Circuito 3 : Iluminação externa

10 luminárias com 1 lâmpada PL 45 W/220V.....450 W.

Carga total:.....450 W.

$$I_{IL} = 2,05 \text{ A}$$

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

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

Cabo estimado: 2,5mm²

Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{2,05 \times 15 \times 0,92}{56 \times 2,5} = 0,20\text{V}$$

$$\Delta U\% = \frac{0,20}{220} \times 100 = 0,09\%$$

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

Proteção do circuito

$$I_p = 1,15 \times 2,05 = 2,36 \text{ A}$$

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

2.7.2.1.4 Alimentação do Circuito 4: Tomada de Força

Tomada de força 32 A / 500 V =10.000 W

TOTAL =10.000 W

$$I_{lt} = 16,01 \text{ A}$$

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

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

Cabo estimado: 4,0mm²

Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{16,01 \times \sqrt{3} \times 5,0 \times 0,95}{56 \times 4,0} = 0,59 \text{ V}$$

$$\Delta U\% = \frac{0,59}{380} \times 100 = 0,15\%$$

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

Proteção do Circuito

$$I_p = 1,50 \times 16,01 = 24,01 \text{ A}$$

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

Alimentador Geral do QDLF-I

$$I_T = 10956 / (380 \times 1,73) = 16,67 \text{ A}$$

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

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

Cabo estimado: 4 mm²

Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{16,67 \times \sqrt{3} \times 10 \times 0,95}{56 \times 4,0} = 1,22\text{V}$$

$$\Delta U\% = \frac{1,22}{380} \times 100 = 0,32\%$$

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

Proteção da Cablagem de BT

$$I_T \times 1,15 = 16,67 \times 1,15 = 19,17 \text{ A}$$

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

2.7.2.2 - QDLF-II

2.7.2.2.1 Alimentação do Circuito 1 : Iluminação interna

1 luminárias com 2 lâmpadas fluorescentes de 32 W/220V.....102 W.

Carga total:.....102 W.

$$I_{IL} = 0,46 \text{ A}$$

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

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

Cabo estimado: 1,5mm²

Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{0,46 \times 15 \times 0,92}{56 \times 1,5} = 0,08\text{V}$$

$$\Delta U\% = \frac{0,08}{220} \times 100 = 0,03\%$$

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

Proteção do circuito

$$I_p = 1,15 \times 0,46 = 0,53 \text{ A}$$

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

2.7.2.2 Alimentação do Circuito 2 : Tomadas Uso Geral

Carga: 1 tomada 15A/220V tipo 2P+T.....100 W.

Carga total:.....100 W.

$$I_{lt} = 0,45 \text{ A}$$

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

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

Cabo estimado: 2,5 mm²

Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{0,45 \times 10 \times 0,92}{56 \times 2,5} = 0,03 \text{ V}$$

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

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

Proteção do Circuito

$$I_p = 1,15 \times 0,45 = 0,52 \text{ A}$$

Como a corrente máxima que o cabo suporta é de 23 A, escolhemos o disjuntor monofásico de 20 A /250V, em caixa moldada.

2.7.2.2.3 Alimentação do Circuito 3 : Iluminação externa

9 luminárias com 1 lâmpada PL 45 W/220V.....405 W.

Carga total:.....405 W.

$$I_{IL} = 1,84 \text{ A}$$

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

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

Cabo estimado: 2,5mm²

Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{1,84 \times 15 \times 0,92}{56 \times 2,5} = 0,18\text{V}$$

$$\Delta U\% = \frac{0,18}{220} \times 100 = 0,08\%$$

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

Proteção do circuito

$$I_p = 1,15 \times 1,84 = 2,12 \text{ A}$$

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

2.7.2.2.4 Alimentação do Circuito 4: Tomada de Força

Tomada de força 32 A / 500 V =10.000 W

TOTAL =10.000 W

$$I_{lt} = 16,01 \text{ A}$$

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

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

Cabo estimado: 4,0mm²

Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{16,01 \times \sqrt{3} \times 5,0 \times 0,95}{56 \times 4,0} = 0,59 \text{ V}$$

$$\Delta U\% = \frac{0,59}{380} \times 100 = 0,15\%$$

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

Proteção do Circuito

$$I_p = 1,50 \times 16,01 = 24,01 \text{ A}$$

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

Alimentador Geral do QDLF-II

$$I_T = 10607 / (380 * 1,73) = 16,13 \text{ A}$$

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

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

Cabo estimado: 4 mm²

Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{16,13 \times \sqrt{3} \times 10 \times 0,95}{56 \times 4,0} = 1,18 \text{ V}$$

$$\Delta U\% = \frac{1,18}{380} \times 100 = 0,31\%$$

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

Proteção da Cablagem de BT

$$I_T \times 1,15 = 16,13 \times 1,15 = 18,55 \text{ A}$$

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

2.7.2.3 - QDLF-III

2.7.2.3.1 Alimentação do Circuito 1 : Iluminação interna

5 luminárias com 2 lâmpadas fluorescentes de 32 W/220V.....510 W.

Carga total:.....510 W.

$$I_{IL} = 2,32 \text{ A}$$

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

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

Cabo estimado: 1,5mm²

Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{2,32 \times 15 \times 0,92}{56 \times 1,5} = 0,38\text{V}$$

$$\Delta U\% = \frac{0,38}{220} \times 100 = 0,17\%$$

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

Proteção do circuito

$$I_p = 1,15 \times 2,32 = 2,67 \text{ A}$$

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

2.7.2.3.2 Alimentação do Circuito 2 : Tomadas Uso Geral

Carga: 2 tomadas 15A/220V tipo 2P+T.....200 W.

Carga total:.....200 W.

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

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

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

Cabo estimado: 2,5 mm²

Queda de Tensão

$$\Delta U\% = \frac{0,06}{220} \times 100 = 0,03\%$$

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

Proteção do Circuito

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

Como a corrente máxima que o cabo suporta é de 23 A, escolhemos o disjuntor monofásico de 20 A /250V, em caixa moldada.

2.7.2.3.3 Alimentação do Circuito 3 : Iluminação externa

22 luminárias com 1 lâmpada PL 45 W/220V.....990 W.

Carga total:.....990 W.

$$I_{IL} = 4,50 \text{ A}$$

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

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

Cabo estimado: 2,5mm²

Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{4,50 \times 15 \times 0,92}{56 \times 2,5} = 0,44\text{V}$$

$$\Delta U\% = \frac{0,44}{220} \times 100 = 0,20\%$$

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

Proteção do circuito

$$I_p = 1,15 \times 4,50 = 5,18 \text{ A}$$

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

2.7.2.3.4 Alimentação do Circuito 4: Tomada de Força

Tomada de força 32 A / 500 V = 10.000 W

TOTAL = 10.000 W

$$I_{lt} = 16,01 \text{ A}$$

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

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

Cabo estimado: 4,0mm²

Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{16,01 \times \sqrt{3} \times 5,0 \times 0,95}{56 \times 4,0} = 0,59 \text{ V}$$

$$\Delta U\% = \frac{0,59}{380} \times 100 = 0,15\%$$

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

Proteção do Circuito

$$I_p = 1,50 \times 16,01 = 24,01 \text{ A}$$

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

Alimentador Geral do QDLF-III

$$I_T = 10607 / (380 * 1,73) = 16,13 \text{ A}$$

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

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

Cabo estimado: 4 mm

Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{16,13 \times \sqrt{3} \times 10 \times 0,95}{56 \times 4,0} = 1,18\text{V}$$

$$\Delta U\% = \frac{1,18}{380} \times 100 = 0,31\%$$

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

Proteção da Cablagem de BT

$$I_T \times 1,15 = 16,13 \times 1,15 = 18,55 \text{ A}$$

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

2.7.2.4 - QDLF-OP

2.7.2.4.1 Alimentação do Circuito 1 : Iluminação interna

1 luminária com 2 lâmpadas fluorescentes de 32 W/220V.....102 W.

2 luminárias com 1 lâmpada incandescente de 60 W/220V.....120 W.

Carga total:.....222 W.

$$I_{IL} = 1,00 \text{ A}$$

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

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

Cabo estimado: 1,5mm²

Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{1,00 \times 15 \times 0,92}{56 \times 1,5} = 0,16\text{V}$$

$$\Delta U\% = \frac{0,16}{220} \times 100 = 0,07\%$$

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

Proteção do circuito

$$I_p = 1,15 \times 1,00 = 1,15 \text{ A}$$

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

2.7.2.4.2 Alimentação do Circuito 2 : Tomadas Uso Geral

Carga: 3 tomadas 15A/220V tipo 2P+T.....300 W.

Carga total:.....300 W.

$$I_{lt} = 1,36 \text{ A}$$

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

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

Cabo estimado: 2,5 mm²

Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{1,36 \times 10 \times 0,92}{56 \times 2,5} = 0,09 \text{ V}$$

$$\Delta U\% = \frac{0,09}{220} \times 100 = 0,04\%$$

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

Proteção do Circuito

$$I_p = 1,15 \times 1,36 = 1,56 \text{ A}$$

Como a corrente máxima que o cabo suporta é de 23 A, escolhemos o disjuntor monofásico de 10 A /250V, em caixa moldada.

Alimentador Geral do QDLF-OP

$$I_T = 522 / 220 = 2,37 \text{ A}$$

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

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

Cabo estimado: 2,5 mm²

Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{2,37 \times 10 \times 0,95}{56 \times 2,5} = 0,16\text{V}$$

$$\Delta U\% = \frac{0,16}{220} \times 100 = 0,07\%$$

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

Proteção da Cablagem de BT

$$I_T \times 1,15 = 2,37 \times 1,15 = 2,73 \text{ A}$$

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

2.7.2.5 - QDLF-CQ

2.7.2.5.1 Alimentação do Circuito 1 : Iluminação interna

7 luminárias com 2 lâmpadas fluorescentes de 32 W/220V.....714 W.

2 luminárias com 1 lâmpada incandescente de 60 W/220V.....120 W.

Carga total:.....834 W.

$$I_{IL} = 3,79 \text{ A}$$

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

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

Cabo estimado: 1,5mm²

Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{3,79 \times 15 \times 0,92}{56 \times 1,5} = 0,62V$$

$$\Delta U\% = \frac{0,62}{220} \times 100 = 0,28\%$$

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

Proteção do circuito

$$I_p = 1,15 \times 3,79 = 4,36 \text{ A}$$

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

2.7.2.5.2 Alimentação do Circuito 2 : Tomadas da Sala de Automação

Carga: 6 tomadas 15A/220V tipo 2P+T.....1800 W.

Carga total:.....1800 W.

$$I_{it} = 8,18 \text{ A}$$

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

$$U = 220V$$

Cabo estimado: 2,5 mm²

Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{8,18 \times 10 \times 0,92}{56 \times 2,5} = 0,54 \text{ V}$$

$$\Delta U\% = \frac{0,54}{220} \times 100 = 0,24\%$$

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

Proteção do Circuito

$$I_p = 1,15 \times 8,18 = 9,41 \text{ A}$$

Como a corrente máxima que o cabo suporta é de 23 A, escolhemos o disjuntor monofásico de 20 A /250V, em caixa moldada.

2.7.2.5.3 Alimentação do Circuito 3 : Tomadas do Laboratório

Carga: 6 tomadas 15A/220V tipo 2P+T.....1800 W.

Carga total:.....1800 W.

$$I_{lt} = 8,18 \text{ A}$$

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

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

Cabo estimado: 2,5 mm²

Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{8,18 \times 10 \times 0,92}{56 \times 2,5} = 0,54 \text{ V}$$

$$\Delta U\% = \frac{0,54}{220} \times 100 = 0,24\%$$

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

Proteção do Circuito

$$I_p = 1,15 \times 8,18 = 9,41 \text{ A}$$

Como a corrente máxima que o cabo suporta é de 23 A, escolhemos o disjuntor monofásico de 20 A /250V, em caixa moldada.

2.7.2.5.4 Alimentação do Circuito 4 : Tomadas de Uso Geral

Carga: 13 tomadas 15A/220V tipo 2P+T.....1300 W.

Carga total:.....1300 W.

$$I_{lt} = 5,91 \text{ A}$$

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

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

Cabo estimado: 2,5 mm²

Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{5,91 \times 10 \times 0,92}{56 \times 2,5} = 0,39 \text{ V}$$

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

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

Proteção do Circuito

$$I_p = 1,15 \times 5,91 = 6,80 \text{ A}$$

Como a corrente máxima que o cabo suporta é de 23 A, escolhemos o disjuntor monofásico de 20 A /250V, em caixa moldada.

2.7.2.5.5 Alimentação dos Circuitos 5, 6 e 7 : Kits Dosadores

Carga: 1 motor-bomba 1,0CV.....736 W.

Carga total:.....736 W.

$$I_{lt} = 1,12 \text{ A}$$

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

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

Cabo estimado: 2,5 mm²

Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{1,12 \times \sqrt{3} \times 10 \times 0,92}{56 \times 2,5} = 0,13 \text{ V}$$

$$\Delta U\% = \frac{0,13}{380} \times 100 = 0,03\%$$

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

Proteção do Circuito

$$I_p = 1,15 \times 1,12 = 1,29 \text{ A}$$

Como a corrente máxima que o cabo suporta é de 23 A, escolhemos o disjuntor trifásico de 20 A /250V, em caixa moldada.

2.7.2.5.6 Alimentação dos Circuitos 8 e 9 : Tomadas de Ar Condicionado

Carga: 1 condicionador de ar 12.000 BTU's.....1900 W

Carga total:.....1900 W

$$I_{It} = 8,64 \text{ A}$$

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

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

Cabo estimado: 2,5 mm²

Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{8,64 \times 10 \times 0,92}{56 \times 2,5} = 0,57 \text{ V}$$

$$\Delta U\% = \frac{0,57}{220} \times 100 = 0,26\%$$

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

Proteção do Circuito

$$I_p = 1,15 \times 8,64 = 9,94 \text{ A}$$

Como a corrente máxima que o cabo suporta é de 23 A, escolhemos o disjuntor monofásico de 20 A /250V, em caixa moldada.

Alimentador Geral do QDLF-CQ

$$I_T = 11742 / (380 \times 1,73) = 17,86 \text{ A}$$

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

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

Cabo estimado: 10 mm²

Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{17,86 \times \sqrt{3} \times 10 \times 0,95}{56 \times 10} = 0,52V$$

$$\Delta U\% = \frac{0,52}{380} \times 100 = 0,14\%$$

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

Proteção da Cablagem de BT

$$I_T \times 1,15 = 17,86 \times 1,15 = 20,54 A$$

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

2.7.2.6 - Alimentador Geral (CCMs)

2.7.2.6.1 Alimentação dos Motores CCM-I (25 CV - 1ª etapa; 40CV – 2ª e 3ª etapas)

OBS: Cálculo feito para Dimensionamento do Alimentador (CCM-I) na 3ª Etapa.

3ª ETAPA

Motor 1

$$I_m = 60,85A$$

$$I_T = (1,25 \times 60,85) = 76,06A$$

$$L = 5m$$

$$U = 380V$$

Cabo estimado: 35mm²

Queda de Tensão

Motor 1

$$\Delta U = \frac{76,06 \times \sqrt{3} \times 5 \times 0,92}{56 \times 35} = 0,31V$$

$$\Delta U\% = \frac{0,31}{380} \times 100 = 0,08\%$$

Logo, será adotado para o motor cabo de cobre isolado de 35mm² para as fases, 25mm² para o neutro e 25 mm² para a proteção.

Cálculo da Proteção dos Motores.

$$I_M = 60,85$$

$$\text{Fusível} = 60,85 \times 1,75 = 106,48 \text{ A}$$

$$\text{Disjuntor} = 60,85 \times 2,00 = 121,69 \text{ A}$$

Será adotado disjuntor termomagnético tripolar de 80 A / 500V / 2KA e fusível NH Ultra Rápido de 80 A.

Alimentador Geral do CCM-I (Do QGBT-I ao CCM-I)

$$I_T = 76,06 \text{ A}$$

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

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

Cabo estimado: 35 mm²

Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{76,06 \times \sqrt{3} \times 1 \times 0,92}{56 \times 35} = 0,06 \text{ V}$$

$$\Delta U\% = \frac{0,06}{380} \times 100 = 0,02\%$$

Logo o condutor adotado será 35mm² para fase, 25mm² para neutro e 25mm² para proteção.

Proteção Geral do Alimentador do CCM-I

$$I_T \times 1,15 = 76,06 \times 1,15 = 87,47 \text{ A}$$

Será adotado disjuntor termomagnético de 90A / 750V / 5KA em caixa moldada.

2.7.2.6.2 Alimentação dos Motores CCM-II (40 CV - 1ª etapa; 50CV – 2ª e 3ª etapas)

OBS: Cálculo feito para Dimensionamento do Alimentador (CCM-II) na 3ª Etapa.

3ª ETAPA

Motor 1

$$I_m = 76,06A$$

$$I_T = (1,25 \times 76,06) = 95,07A$$

L = 100m (Flutuante)

$$U = 380V$$

Cabo estimado: 50mm²

Queda de Tensão

Motor 1

$$\Delta U = \frac{95,07 \times \sqrt{3} \times 100 \times 0,92}{56 \times 50} = 5,40V$$

$$\Delta U\% = \frac{5,40}{380} \times 100 = 1,42\%$$

Logo, será adotado para o motor cabo de cobre isolado de 50mm² para as fases, 25mm² para o neutro e 25 mm² para a proteção.

Cálculo da Proteção dos Motores.

$$I_M = 76,06 A$$

$$\text{Fusível} = 76,06 \times 1,75 = 133,10 A$$

$$\text{Disjuntor} = 76,06 \times 2,00 = 152,11 A$$

Será adotado disjuntor termomagnético tripolar de 100 A / 500V / 2KA e fusível NH Ultra Rápido de 100 A.

Alimentador Geral do CCM-II (Do QGBT-II ao CCM-II)

$$I_T = 95,07 A$$

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

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

Cabo estimado: 50 mm²

Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{95,07 \times \sqrt{3} \times 1 \times 0,92}{56 \times 50} = 0,05 \text{ V}$$

$$\Delta U\% = \frac{0,05}{380} \times 100 = 0,01\%$$

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

Proteção Geral do Alimentador do CCM-I

$$I_T \times 1,15 = 95,07 \times 1,15 = 109,33 \text{ A}$$

Será adotado disjuntor termomagnético de 125A / 750V / 5KA em caixa moldada.

2.7.2.6.3 Alimentação dos Motores CCM-III (3 x 60 CV - 1ª etapa; 3 x 75CV – 2ª e 3ª etapas)

OBS: Cálculo feito para Dimensionamento do Alimentador (CCM-III) na 3ª Etapa.

3ª ETAPA

Motor 1

$$I_m = 114,09 \text{ A}$$

$$I_T = (1,25 \times 114,09) = 142,61 \text{ A}$$

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

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

Cabo estimado: 95mm²

Queda de Tensão - Motor 1

$$\Delta U = \frac{142,61 \times \sqrt{3} \times 5 \times 0,92}{56 \times 95} = 0,21 \text{ V}$$

$$\Delta U\% = \frac{0,21}{380} \times 100 = 0,06\%$$

Motor 2

$$I_m = 114,09 \text{ A}$$

$$I_T = (1,25 \times 114,09) = 142,61 \text{ A}$$

$$L = 6 \text{ m}$$

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

Cabo estimado: 95mm²

Queda de Tensão - Motor 1

$$\Delta U = \frac{142,61 \times \sqrt{3} \times 6 \times 0,92}{56 \times 95} = 0,26 \text{ V}$$

$$\Delta U\% = \frac{0,26}{380} \times 100 = 0,07\%$$

Motor 3

$$I_m = 114,09A$$

$$I_T = (1,25 \times 114,09) = 142,61A$$

$$L = 7m$$

$$U = 380V$$

Cabo estimado: 95mm²

Queda de Tensão - Motor 1

$$\Delta U = \frac{142,61 \times \sqrt{3} \times 7 \times 0,92}{56 \times 95} = 0,30V$$

$$\Delta U\% = \frac{0,30}{380} \times 100 = 0,08\%$$

Logo, será adotado para o motor cabo de cobre isolado de 95mm² para as fases, 50mm² para o neutro e 50 mm² para a proteção.

Cálculo da Proteção dos Motores.

$$I_M = 76,06 A$$

$$\text{Fusível} = 76,06 \times 1,75 = 133,10 A$$

$$\text{Disjuntor} = 76,06 \times 2,00 = 152,11 A$$

Será adotado disjuntor termomagnético tripolar de 100 A / 500V / 2KA e fusível NH Ultra Rápido de 100 A.

Alimentador Geral do CCM-III (Do QGBT-III ao CCM-III)

$$I_T = 1,25 \times 76,06 + 76,06 + 76,06 = 370,78 A$$

$$U = 380 V$$

$$L = 1m$$

Cabo estimado: 2 x 95 mm²

Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{370,78 \times \sqrt{3} \times 1 \times 0,92}{56 \times (2 \times 95)} = 0,04V$$

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

Logo o condutor adotado será 2 x 95mm² para fase, 3 x 50mm² para neutro e 2 x 50mm² para proteção.

Proteção Geral do Alimentador do CCM-I

$$I_T \times 1,15 = 370,78 \times 1,15 = 426,40 \text{ A}$$

Será adotado disjuntor termomagnético de 400A / 750V / 5KA em caixa moldada.

2.7.2.7 - Alimentador Geral do QGBT-I (Medição da SE-I ao QGBT-I)

$$I_T = (1,25 \times 60,85) + 16,67 + 2,37$$

$$I_T = 95,10 \text{ A}$$

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

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

Cabo estimado: 50 mm²

Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{95,10 \times \sqrt{3} \times 20 \times 0,92}{56 \times 50} = 1,08V$$

$$\Delta U\% = \frac{1,08}{380} \times 100 = 0,28\%$$

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

Proteção da Cablagem de BT

$$I_T \times 1,15 = 95,10 \times 1,15 = 109,37 \text{ A}$$

Será adotado disjuntor termomagnético de 125A / 750V / 10KA em caixa moldada.

2.7.2.8 - Alimentador Geral do QGBT-II (Medição da SE-II ao QGBT-II)

$$I_T = (1,25 \times 76,06) + 16,13 + 2,37$$

$$I_T = 113,58 \text{ A}$$

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

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

Cabo estimado: 50 mm²

Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{113,58 \times \sqrt{3} \times 20 \times 0,92}{56 \times 50} = 1,29\text{V}$$

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

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

Proteção da Cablagem de BT

$$I_T \times 1,15 = 113,58 \times 1,15 = 130,62 \text{ A}$$

Será adotado disjuntor termomagnético de 125A / 750V / 10KA em caixa moldada.

2.7.2.9 - Alimentador Geral do QGBT-III (Medição da SE-III ao QGBT-III)

$$I_T = (1,25 \times 114,09) + 228,18 + 17,80 + 17,86$$

$$I_T = 406,44 \text{ A}$$

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

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

Cabo estimado: 2 x 185 mm²

Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{406,44 \times \sqrt{3} \times 20 \times 0,92}{56 \times (2 \times 185)} = 0,62\text{V}$$

$$\Delta U\% = \frac{0,62}{380} \times 100 = 0,16\%$$

Logo o condutor adotado será 2 x 185mm² para fase, 2 x 95mm² para neutro e 2 x 95mm² para proteção.

Proteção da Cablagem de BT

$$I_T \times 1,15 = 406,44 \times 1,15 = 467,40 \text{ A}$$

Será adotado disjuntor termomagnético de 500A / 750V / 10KA em caixa moldada.

2.7.2.10 - Potência do Transformador de Força da SE-I

$$P = I_t \times 380 \times \sqrt{3} =$$

$$P = \sqrt{3} \times 380 \times 95,10 = 62.516VA$$

OBS: Será instalado um Transformador de 75 KVA, o qual atenderá a todas as etapas do projeto.

2.7.2.11 - Potência do Transformador de Força da SE-II

$$P = I_t \times 380 \times \sqrt{3} =$$

$$P = \sqrt{3} \times 380 \times 113,58 = 74.667VA$$

OBS:

Será instalado um Transformador de 75 KVA, o qual atenderá a todas as etapas do projeto.

2.7.2.12 - Potência do Transformador de Força da SE-III

$$P = I_t \times 380 \times \sqrt{3} =$$

$$P = \sqrt{3} \times 380 \times 406,44 = 267.192VA$$

OBS:

Para a 1ª etapa, será instalado um Transformador de 225 KVA. Para as demais etapas (2ª e 3ª etapas) este transformador deverá ser substituído por um novo de 300 KVA. Esta solução exige que seja construída, para as 2ª e 3ª etapas, um cubículo de medição. Este cubículo está detalhado em planta.

3 - ANEXO I – TRANSIENTE HIDRÁULICO

TRANSIENTE HIDRÁULICO

Tendo em conta a segurança do sistema e possível necessidade de dotá-lo de dispositivos de segurança, procedeu-se a avaliação do transiente hidráulico para o setor correspondente ao conjunto EEAB-I/AAB-I, único onde se visualizava a possibilidade de apresentar problema, posto que os demais (EEAB-II/AAB-II e EEAT/AAT-I) em decorrência das grandezas envolvidas (altura manométrica, velocidade e celeridade da onda) não configuram situação de risco para o sistema, ou por tratar-se de trechos gravitativos (AAT-II e AAT-III) não oferecem qualquer problema.

Para simulação do transiente utilizou-se o software “Ctran – Análise de Transitórios em Redes de Abastecimento”, da Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica – São Paulo, versão 7.0.1.

Para aplicação do programa o setor foi dividido em 12 trechos de 100 m cada.

Considerou-se como nó 1 (inicial) o ponto de captação, cuja cota é a 84,0 e como 13º nó o ponto onde se localiza a câmara de carga, cuja cota é a 88,0.

A bomba considerada foi a KSB, modelo Meganorm 125-250, diâmetro de rotor de 246 mm, rendimento de 85,0 % e rotação de 1750 rpm.

Primeiramente foram geradas as envoltórias das cotas piezométricas máximas e mínimas, sem dispositivo de proteção, tendo-se verificado, conforme pode ser visualizado no Quadro 1.0 e Gráfico 1.0, que a envoltória mínima corta a linha do terreno natural entre os 430 m e 1080 m, medidos da origem, a exceção de pequenos trechos em volta dos 600 m.

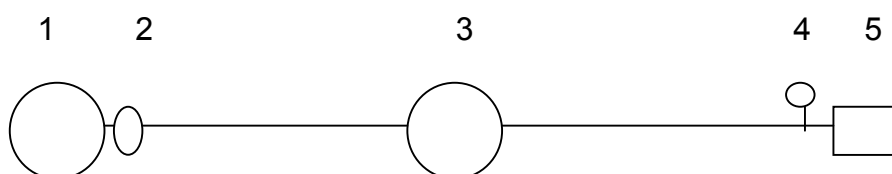
Simulou-se, em seguida, a colocação de uma chaminé de equilíbrio na elevação situada a 500 m da origem, com a qual o problema foi resolvido, conforme se observa no Quadro 2.0 e Gráfico 2.0.

Referida chaminé deverá ter 3,0 m de diâmetro interno e em seu interior o nível d'água estará a 8,57 m acima do terreno natural, no regime permanente. Quando da ocorrência do transitório o nível d'água oscilará 0,70 m em torno desse nível.

Projeteu-se, no entanto, a borda do extravasor 1,50 m acima do nível d'água no regime permanente, para permitir o acionamento do pressostato localizado junto à bomba da EEAB-I, promovendo seu desligamento, fato que terá início com o cerramento do registro localizado junto à câmara de carga da ETA, conforme mencionado no item 13.0 – Operação do Sistema do vol-III, Tomo 1 – Memorial Descritivo.

A altura total da chaminé de equilíbrio é de 10,75 m.

Esquemáticamente o desligamento da EEAB-I é mostrado a seguir.



Onde: 1 – Câmara de Carga

2 – Registro de Gaveta

3 – Chaminé de Equilíbrio

4 – Pressostato no Barrilete da EEAB-I

5 – Estação Elevatória de Água Bruta – EEAB-I

Obs: Com o fechamento do registro (2) ocorrerá a elevação do N.A. na Chaminé de equilíbrio (3) em 1,50 m, ocasião em que, com o deslocamento dos contatos no pressostato (4), a bomba da EEAB-I (5) será desligada.

Anexo I – Resultado em proteção.xls

Anexo I – Resultado com proteção – chaminé de equilíbrio.xls

4 - ANEXO II – 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 25 Módulos tipo celular modelo **TechniFloat**[®] básico (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 III-5-O-04/33-000.

➤ 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	vcg' (m)	Pxkg	VCG (m)
➤ 2 bombas, com 460 kg de peso líquido cada, com respectivas bases de apoio	920	1,0	920	
➤ Pórtico manual para 1 ton SWL com 4 m de altura	120	2,6	312	
➤ Plataforma flutuante, com acessórios (balaustrada, cabeços, vigas transversais,	1.500	0,35	525	
➤ Acoplamento (com água nas tubulações)	3.270	1,6	5.232	
SUBTOTAL	5.810		6.989	1,19

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) = 4.828 kg

Peso do flutuante (Pf) = 25 módulos x 60 kg = 1.500 kg

$$\text{Área do flutuante (A)} = 5 \times 5 = 25 \text{ m}^2$$

$$C = (P_e + P_f) / A = (4.828 + 1.500) / 25 = 25.3 \text{ cm}$$

4) CÁLCULO DA ALTURA METACÊNTRICA (GM)

$$\text{Momento de Inércia Transversal (IT)} = (5 \times 5^3 / 12) = 52,08 \text{ m}^4$$

$$GM = IT / \text{Volume de Deslocamento} = 52,08 / 5,810 = \mathbf{8,96 \text{ m}}$$

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”.

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

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

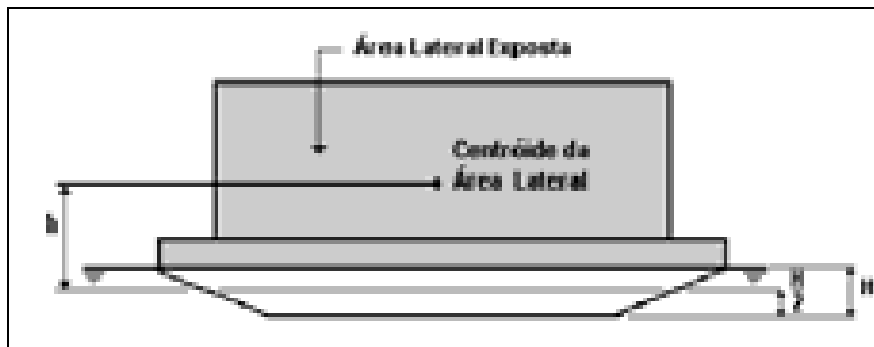


FIGURA 1.0: Caracterização de Parâmetros do Critério de Estabilidade (Barcaças)

onde:

GM_r = altura metacêntrica inicial requerida, em m;

A = área lateral projetada da porção da embarcação acima da linha d’água correspondente à condição de carregamento considerada, conforme indicado na Figura 7-7 em m²;

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)

$$P = 0.055 + (L_{PP} / 1309)^2, \text{ em t/m}^2; \text{ e}$$

L_{PP} = comprimento entre perpendiculares, em m.

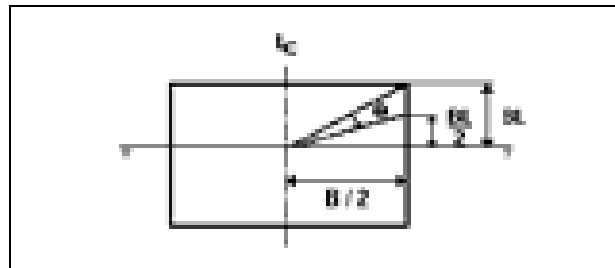


FIGURA 2.0: Determinação do ângulo θ

Logo, temos que:

$$A = \{0,6-0,25 \text{ (calado definido anteriormente)}\} \times 5,0 = 1,75 \text{ m}^2$$

$$P = 0,055 + (L_{pp}/1309)^2 = 0,055 + (5/1309)^2 = 0,055 + 0,000014 = 0,055014$$

$h = 0,25/2 + 1,37$ (considerando uma carga com centróide de área 1 m acima do convés) = 1,495

$$\Delta = 5,810 \text{ t}$$

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

e

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

$$GM_r = (0,055014 \times 1,75 \times 1,495) / (5,810 \times 0,072) = 0,35 \text{ m}$$

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

COMO $GMO = 8,97 \text{ M}$, > QUE $0,35 \text{ M}$, CONCLUÍMOS QUE:

O FLUTUANTE APRESENTA ESTABILIDADE SATISFATÓRIA PARA O SERVIÇO PRETENDIDO

5 - ANEXO III – OBRAS COMPLEMENTARES

OBRAS CIVIS COMPLEMENTARES

1.0 VIA DE ACESSO AO RAD

Projitou-se um caminho de serviço em direção ao topo do morro onde se situará o Reservatório Apoiado de Distribuição – RAD.

Dado as peculiaridades do relevo local, o acesso ao RAD, com utilização do referido caminho, far-se-á somente por meio de veículos com tração em dois eixos, em razão de trechos em acive com pendente superior a 20 %.

A seção transversal da plataforma da estrada terá 4.0 m de largura, será executada, quase exclusivamente, em corte procedido à esquerda, a partir da margem direita da mesma, devido à declividade natural do terreno; executando-se, à margem esquerda da seção, uma valeta de proteção, para permitir a drenagem do escoamento superficial proveniente das precipitações pluviais.

A cada 10,0 m de desnível geométrico executar-se-á uma caixa dissipadora de energia, que direcionará parte do fluxo para a margem oposta da via, por meio de tubulação em concreto armado (DN 400 mm) disposta sob plataforma, a 90° em relação ao eixo da via e a 1,40 m de profundidade, na extremidade da qual dispor-se-á meio metro cúbico de pedra de mão ($d_{min}=0,20$), para prevenir erosão no ponto de deságüe.

A seção interna da vala será revestida com pedra poliédrica, rejuntada com argamassa de cimento, cal e areia grossa.

A plataforma poderá ser executada seguindo o procedimento seguinte:

- a) Início do corte por processo manual, prosseguindo o trabalho por processo mecânico, nos trechos de declive forte, do terreno natural.
- b) Regularização do leito da via, de modo a aproximar o perfil longitudinal obtido ao “grade” projetado.
- c) Escarificação do leito.
- d) Distribuição, espalhamento e mistura de material de empréstimo de melhor qualidade com o material local escarificado, na proporção de 50% em volume.
- e) Umedecimento e compactação do material referido em “d”, de modo a resultar uma plataforma com espessura de 0,25 m.
- f) Na obtenção e transporte de material poderão ser consideradas as jazidas identificadas para execução da barragem Maranguape I, localizadas a

aproximadamente 1,5 km do morro onde a via, aqui cogitada, deverá ser executada.

- g) No topo do morro, executar-se-á um corte, de modo a deixar a superfície do terreno ao nível da cota 143,0 m; providência que propiciará a obtenção de uma área para manobra de máquinas e veículos.

2.0 DIQUES DE PROTEÇÃO CONTRA EROSÃO HÍDRICA

Ao longo da diretriz do eixo das valas escavadas para assentamento da tubulação e após seu reaterro, serão construídos, com material local, terraços tipo Nichols, constituídos de uma valeta continuada por um camalhão, dispostos transversalmente ao declive do terreno, a cada 5,0 m de desnível, para prevenir erosão da camada superficial do reaterro da vala, sobre a qual, outrossim, deverá ser plantada, no início das chuvas de inverno, vegetação protetora, tipo capim de burro, croatá, ou outra facilmente obtida na região e que possa exercer o mesmo efeito.

3.0 CERCA DE PROTEÇÃO

O morro, aqui mencionado, deverá, por razões óbvias, ter sua vegetação rigorosamente protegida. Para tanto, será construída uma cerca de contorno em volta do mesmo para evitar o ingresso de pessoas estranhas; proibindo-se terminantemente a caça, o abate de árvores e a retirada de madeira de dentro da área delimitada por essa cerca, cujo perímetro terá a forma de um retângulo de lados: 210 e 110 m e será em arame farpado com estacas de concreto armado com ponta virada. Outrossim, dentro da área em referência, não deverá ser permitido o ato de fumar, nem a retirada de mel de abelha.