

MÓDULO V
PROJETO EXECUTIVO DA ADUTORA DE TRAIRI

VOLUME III – DETALHAMENTO DO PROJETO EXECUTIVO

TOMO 2 – MEMÓRIA DE CÁLCULO

Rev.	Data	Descrição	Por	Ver.	Apr.	Aut.
00	Mai/2002	1ª Edição	Consórcio	TAD	NKT	NKT
01	Dez/2002	2ª Edição	Consórcio	TAD	NKT	NKT
02	Dez/2002	Projeto Final	Consórcio	TAD	NKT	NKT

ÍNDICE

ÍNDICE

<u>APRESENTAÇÃO</u>	4
<u>1 - INTRODUÇÃO</u>	7
<u>2 - MEMÓRIA DE CÁLCULO</u>	12
<u>2.1 - ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA BRUTA (EEAB)</u>	13
<u>2.1.1 - Dimensionamento dos Conjuntos motobomba</u>	13
<u>2.2 - ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA (EEAT)</u>	24
<u>2.2.1 - Dimensionamento dos Conjuntos motobomba</u>	24
<u>2.3 - ADUÇÃO</u>	35
<u>2.3.1 - Definição dos Diâmetros</u>	35
<u>2.3.2 - Blocos de Ancoragem</u>	35
<u>2.3.3 - Movimento de Terra</u>	36
<u>2.3.4 - Avaliação do Transiente Hidráulico e Equipamento de Proteção</u>	36
<u>2.3.5 - Dimensionamento da Chaminé de Equilíbrio</u>	37
<u>2.4 - ESTAÇÃO DE TRATAMENTO D'ÁGUA – ETA</u>	38
<u>2.4.1 - Generalidades</u>	38
<u>2.4.2 - Dimensionamento dos Filtros</u>	39
<u>2.4.3 - Dimensionamento da Estação Elevatória de Lavagem dos Filtros (EELF)</u>	41
<u>2.4.4 - Quantidade de Produtos Químicos</u>	44
<u>2.5 - RESERVAÇÃO</u>	44
<u>2.5.1 - Critérios de Reservação</u>	44
<u>2.5.2 - Dimensionamento da Reservação</u>	44
<u>2.6 - PROJETO ELÉTRICO</u>	46
<u>2.6.1 - Objetivo</u>	46
<u>2.6.2 - Sistema Elétrico da COELCE</u>	46
<u>2.6.3 - Memória de Cálculo da Casa de Química (Iluminação)</u>	46
<u>2.6.4 - Memória de Cálculo da ETA/EEAT (Iluminação)</u>	50
<u>2.6.5 - Memória de Cálculo da EEAB/EEAT (CCM)</u>	54
<u>2.6.6 - Potencia do Transformador de Força</u>	62
<u>ANEXO 1- CURVAS DE BOMBA</u>	64
<u>ANEXO 2 - TRANSIENTE HIDRÁULICO</u>	73
<u>ANEXO 3 – CÁLCULO DE ESTABILIDADE DO FLUTUANTE</u>	76

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 Aduoras 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 Aduoras

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

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 Trairi*, 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 Trairi.

O manancial que dará suporte ao sistema será o Açude Trairi recém projetado, distante 15,0 Km da cidade de mesmo nome.

O projeto em referência, tem por objetivo suprir de água tratada a cidade de Trairi e as localidades de Gualdrapas, Córrego Fundo e Campestre todas do mesmo município, levando em conta a garantia de suprimento e atendendo os padrões de potabilidade exigidos pela legislação específica vigente.

Citados aglomerados urbanos inserem-se na Micro Região de Itapipoca e situam-se na bacia do Rio Trairi.

A área do Município é de 943,20 Km², tendo o mesmo por limites

Ao Norte: Oceano Atlântico

Ao Sul: Município de Tururu

A Leste: Município de Paraipaba

A Oeste: Município de Itapipoca

As coordenadas geográficas da sede do município são as seguintes:

latitude sul: 3°16'40"

longitude: 39°16'08"

Sua altitude é de 18,0 m

A sede municipal dista de Fortaleza 106,5 Km, seguindo-se o percurso rodoviário indicado a seguir:

Fortaleza-Caucaia; BR-222: 6,0 Km

Caucaia-Entrocamento com CE 163; CE 085: 89,5 Km

Entrocamento com CE 085 – Cidade de Trairi; CE 163: 11,0 Km

Segundo o IBGE, a população radicada nas localidades a atender com o sistema ora projetado, era no ano 2000, por ocasião do último censo, a seguinte:

Cidade de Trairi	6.128 habitantes
Gualdrapas	1.122 habitantes
Campestre	535 ^(*) habitantes
Córrego Fundo	506 habitantes

Na Figura 1.0 é apresentado um mapa onde se localiza o município de Trairi e a Barragem de mesma denominação.

A Figura 2.0 mostra o traçado da adutora, e a indicação dos pontos de entrega d'água nas localidades beneficiadas pela mesma.

^(*) Obtido através do número de ligações da COELCE, considerando 5 pessoas por habitação

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 (EEAB)

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).

A tubulação de recalque será em PEAD, DE 250; extensão 380 m

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

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 em função das vazões requeridas nas três etapas do projeto.

QUADRO 1.0 - Perdas de Carga distribuídas e localizadas da EEAB

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	200	27,68	0,88	0,10	34,24	1,09	0,10	41,20	1,31	0,10
Toco L=0,80m		200	27,68	0,88	0,10	34,24	1,09	0,10	41,20	1,31	0,10
Curvas de 90°	0,40	200	27,68	0,88	0,10	34,24	1,09	0,10	41,20	1,31	0,10
Redução excêntrica	0,15	200x150	27,68	1,53	0,10	34,24	1,90	0,10	41,20	2,29	0,10
Total na sucção					0,40			0,40			0,40
Redução normal	0,30	200x100	27,68	3,44	0,20	34,24	4,27	0,30	41,20	5,15	0,50
Curvas de 90°	0,40	200	27,68	0,88	0,10	34,24	1,09	0,10	41,20	1,31	0,10
Toco L=1,00m		200	27,68	0,88	0,10	34,24	1,09	0,10	41,20	1,31	0,10
Curvas de 90°	0,40	200	27,68	0,88	0,10	34,24	1,09	0,10	41,20	1,31	0,10
Toco L=1,00m		200	27,68	0,88	0,10	34,24	1,09	0,10	41,20	1,31	0,10
Curvas de 90°	0,40	200	27,68	0,88	0,10	34,24	1,09	0,10	41,20	1,31	0,10
Válvula de retenção	2,50	200	27,68	0,88	0,10	34,24	1,09	0,20	41,20	1,31	0,30
Registro de gaveta	0,20	200	27,68	0,88	0,10	34,24	1,09	0,10	41,20	1,31	0,10
Toco L=1,00m		200	27,68	0,88	0,10	34,24	1,09	0,10	41,20	1,31	0,10
Curva de 45° (2)	0,30	200	27,68	0,88	0,10	34,24	1,09	0,10	41,20	1,31	0,10
Ampliação	0,15	200x250	27,68	0,86	0,10	34,24	1,07	0,10	41,20	1,29	0,10
Tubulação L=360m		250	27,68	0,76	0,89	34,24	0,94	1,34	41,20	1,14	1,91
Total no barrilete e tubulação de recalque					2,09			2,74			3,61

c) Desnível geométrico (Dg)

- Nível mínimo do plano d'água no açude (NA mínimo)20,00
- Nível máximo do plano d'água no açude (NA máximo)30,50
- Cota do terreno natural na EEAT (TN.EEAT)34,38
- Altura da câmara de carga da ETA (Hcc)7,00m

Dg= (34,68 +7,00) – 20,00 =21,68 m

d) Determinação da AMT

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

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

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

2.1.1.3 - Curva da bomba x curva do sistema

1º ESTÁGIO DE BOMBEAMENTO: EEAB (Flutuante) → ETA/EEAT

- 1ª Etapa

Curva da Bomba (Dados)

Q (m³/h)	H (m)
20	29,0
40	29,0
60	28,7
80	27,4
100	25,4
120	22,3
140	17,8
160	9,0

Curva do Sistema

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

Característica do sistema

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

$$k = \frac{25 - 21,68}{(99,65)^2} \therefore k = 0,00033433$$

$$H_{man} = 25,0 \text{ m}$$

$$H_0 = 21,68 \text{ m}$$

$$Q = 99,65 \text{ m}^3/\text{h}$$

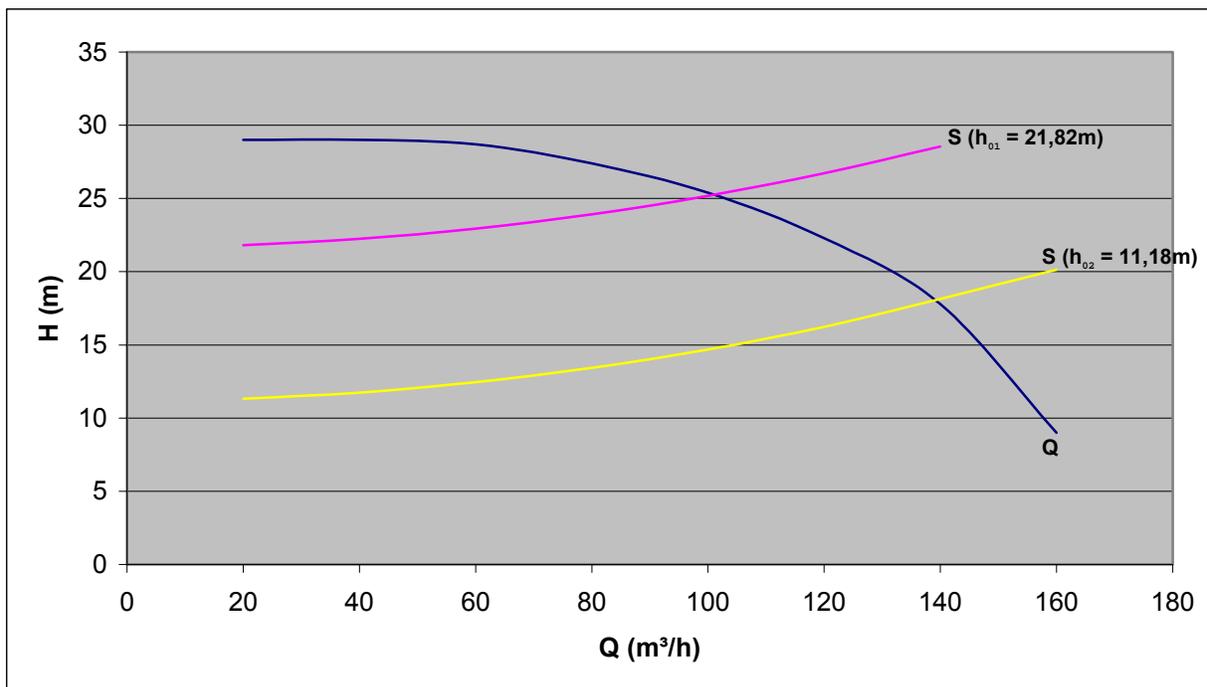
Curva do Sistema p/ $h_{01} = 21,68$

Q (m³/h)	H (m)
20	21,82
40	22,24
60	22,94
80	23,92
100	25,18
120	26,72
140	28,55

Curva do Sistema p/ $h_{02} = 11,18$

Q (m³/h)	H (m)
20	11,32
40	11,74
60	12,44
80	13,42
100	14,68
120	16,22
140	18,05
160	20,15

CURVA DA BOMBA X CURVA DO SISTEMA



- 2ª Etapa

Curva da Bomba (Dados)

Q (m³/h)	H (m)
0	28,2
50	28,6
100	28,0
150	25,0
200	19,0

Curva do Sistema

Característica do sistema (k)

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

$$k = \frac{26 - 21,68}{(123,26)^2} \therefore k = 0,00028434$$

H_{man} = 26,0 m

H₀ = 21,68 m

Q = 123,26 m³/h

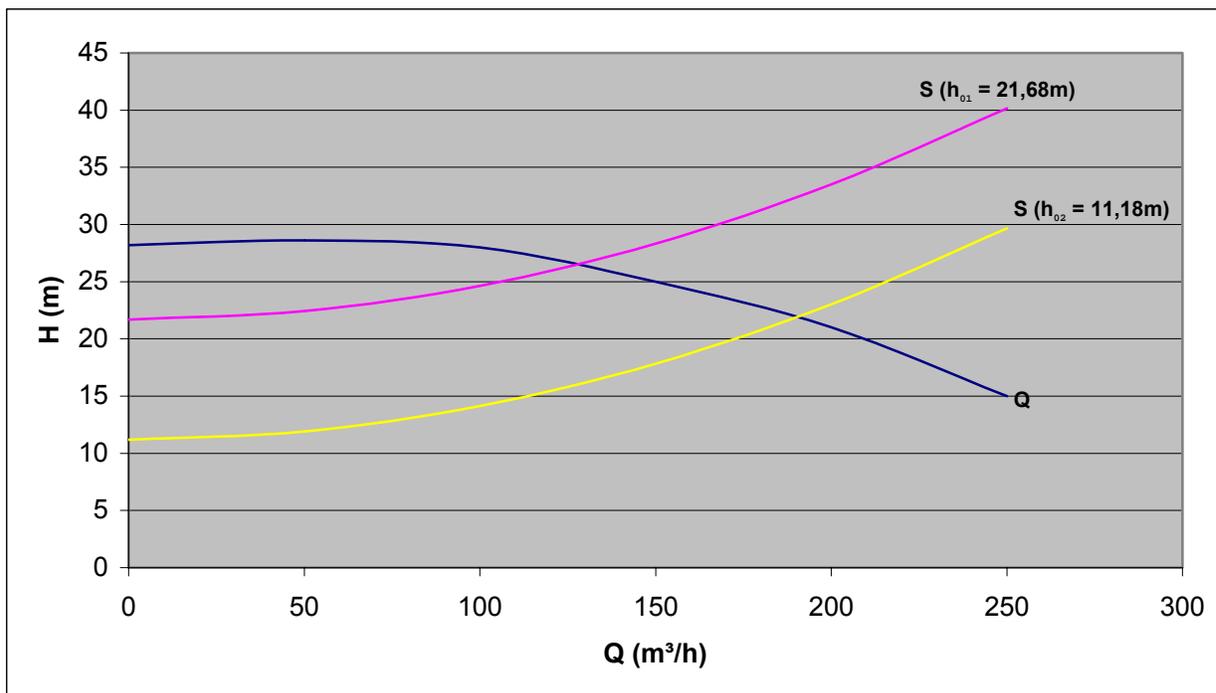
Curva do Sistema p/ h₀₁ = 21,68

Q (m ³ /h)	H (m)
0	21,68
50	22,42
100	24,64
150	28,33
200	33,51
250	40,17

Curva do Sistema p/ h₀₂ = 11,18

Q (m ³ /h)	H (m)
0	11,18
50	11,92
100	14,14
150	17,83
200	23,01
250	29,67

CURVA DA BOMBA X CURVA DO SISTEMA



- 3ª Etapa

Curva da Bomba (Dados)

Q (m³/h)	H (m)
0	32,0
50	32,0
100	31,0
150	28,0
200	22,3
250	13,0

Curva do Sistema

Característica do sistema

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

$$k = \frac{27 - 21,68}{(148,32)^2} \therefore k = 0,000241831$$

$$H_{man} = 27,0 \text{ m}$$

$$H_0 = 21,68 \text{ m}$$

$$Q = 148,32 \text{ m}^3/\text{h}$$

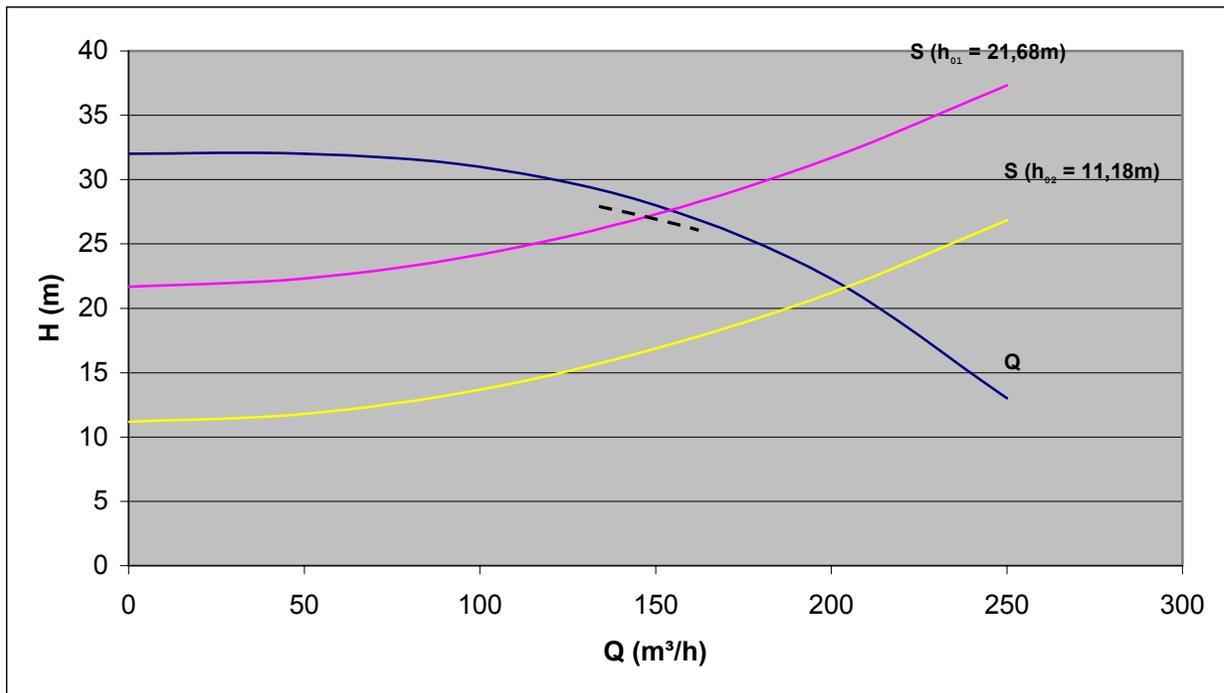
Curva do Sistema p/ $h_{01} = 21,68$

Q (m³/h)	H (m)
0	21,68
50	22,31
100	24,18
150	27,31
200	31,70
250	37,34

Curva do Sistema p/ $h_{02} = 11,18$

Q (m³/h)	H (m)
0	11,18
50	11,81
100	13,68
150	16,87
200	21,20
250	26,84

CURVA DA BOMBA X CURVA DO SISTEMA



2.1.1.4 - Cavitação

Para um bom funcionamento do sistema de recalque 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 3.0:

NPSH(d) da 1ª ETAPA = 8,12 m

NPSH(d) da 2ª ETAPA = 8,12 m

NPSH(d) da 3ª ETAPA = 8,12 m

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

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
 $8,12 > 2,50 + 0,50 = 3,00$
 $8,12 > 2,50 \times 1,20 = 3,00$
- 3 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 - ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA (EEAT)

2.2.1 - Dimensionamento dos Conjuntos motobomba

2.2.1.1 - 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. (Ver Quadro 6.0)

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

QUADRO 3.0 Cota

QUADRO 4.0

QUADRO 5.0

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 em função das vazões requeridas nas três etapas do projeto.

QUADRO 6.0 - Perdas de Carga Localizadas na EEAT

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	200	26,33	0,84	0,10	32,55	1,04	0,10	39,10	1,24	0,10
Toco L=0,70m		200	26,33	0,84	0,10	32,55	1,04	0,10	39,10	1,24	0,10
Registro de gaveta	0,20	200	26,33	0,84	0,10	32,55	1,04	0,10	39,10	1,24	0,10
Redução excêntrica	0,15	150	26,33	1,49	0,10	32,55	1,84	0,10	39,10	2,21	0,10
Total na sucção					0,40			0,40			0,40
Redução normal	0,30	100	26,33	3,35	0,20	32,55	4,14	0,30	39,10	4,98	0,40
Curvas de 90°	0,40	200	26,33	0,84	0,10	32,55	1,04	0,10	39,10	1,24	0,10
Junta de desmonte		200	26,33	0,84	0,10	32,55	1,04	0,10	39,10	1,24	0,10
Curvas de 90°	0,40	200	26,33	0,84	0,10	32,55	1,04	0,10	39,10	1,24	0,10
Toco L=1,50m		200	26,33	0,84	0,10	32,55	1,04	0,10	39,10	1,24	0,10
Curvas de 90°	0,40	200	26,33	0,84	0,10	32,55	1,04	0,10	39,10	1,24	0,10
Válvula de retenção	2,50	200	26,33	0,84	0,10	32,55	1,04	0,20	39,10	1,24	0,20
Registro de gaveta	0,20	200	26,33	0,84	0,10	32,55	1,04	0,10	39,10	1,24	0,10
Toco L=2,00m		200	26,33	0,84	0,10	32,55	1,04	0,10	39,10	1,24	0,10
Curva de 90°	0,30	200	26,33	0,84	0,10	32,55	1,04	0,10	39,10	1,24	0,10
Toco L=5,0m		200	26,33	0,84	0,10	32,55	1,04	0,10	39,10	1,24	0,15
Válvula de macromedicação	2,50	200	26,33	1,00	0,20	32,55	1,04	1,20	39,10	1,24	1,50
Registro de gaveta	0,20	200	26,33	0,84	0,10	32,55	1,04	0,10	39,10	1,24	0,10
Total no barrilete					1,50			2,70			3,15

c) Determinação da AMT

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

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

h_{fa} = perda de carga na adutora.

2.2.1.2 - Potência dos Motores

A potência dos motores foi determinada pela fórmula apresentada anteriormente.

O Quadro 7.0 apresenta o dimensionamento dos conjuntos moto-bomba para cada etapa do projeto, assim como suas características operacionais. Na Figura 3.0 é apresentado o gráfico das cotas piezométricas para cada etapa do projeto..

QUADRO 7.0

FIGURA 3.0 (Cota Piezometrica)

2.2.1.3 - Curva da bomba x curva do sistema

2º ESTÁGIO DE BOMBEAMENTO

EEAT (ETA) → Chaminé de equilíbrio

- 1ª Etapa

Curva da Bomba (Dados)

Q (m³/h)	H (m)
0	75,0
20	75,0
40	73,75
60	71,25
80	66,25
100	59,25
120	49,75
140	34,50

Curva do Sistema

Característica do sistema (k)

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

$$k = \frac{62 - 55,095}{(94,79)^2} \therefore k = 0,00076849$$

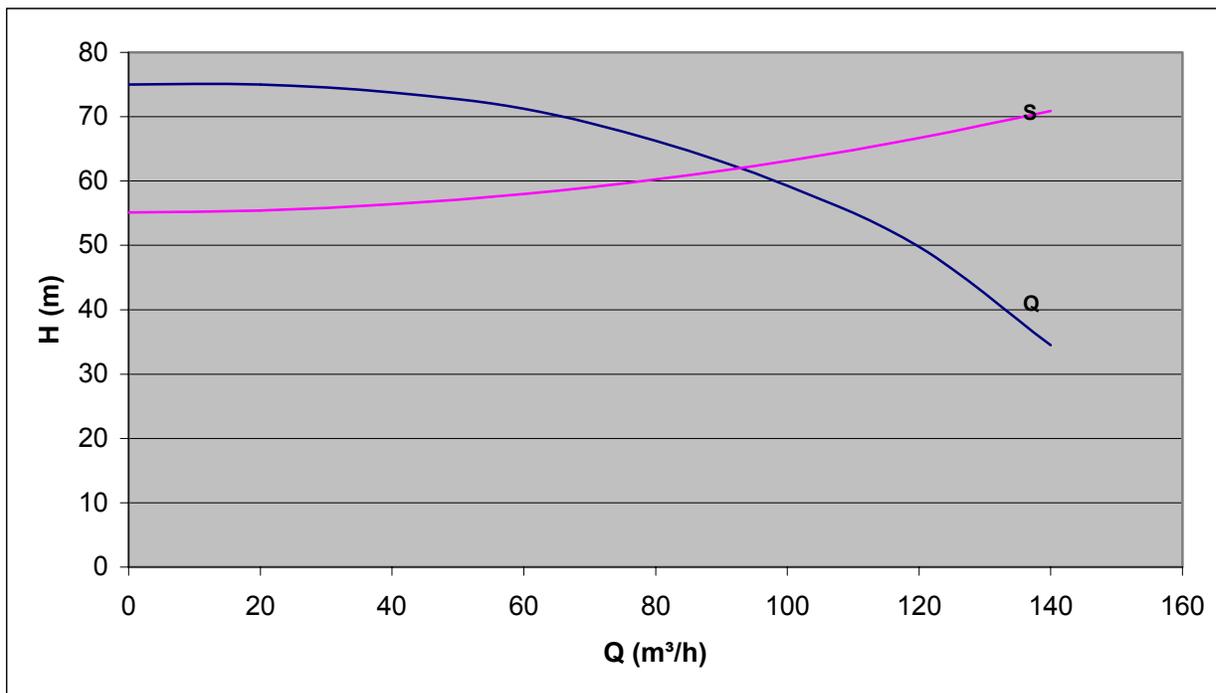
$H_{man} = 62,0 \text{ m}$

$H_0 = 55,095 \text{ m}$

$Q = 94,79 \text{ m}^3/\text{h}$

Q (m³/h)	H (m)
0	55,095
20	55,42
40	56,38
60	58,00
80	60,25
100	63,15
120	66,70
140	70,88

CURVA DA BOMBA X CURVA DO SISTEMA



2º ESTÁGIO DE BOMBEAMENTO

- 2ª Etapa

Curva da Bomba (Dados)

Q (m³/h)	H (m)
0	88,75
20	88,75
40	87,50
60	85,00
80	80,00
100	73,75
120	65,75
140	55,00

Curva do Sistema

Característica do sistema (k)

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

$$k = \frac{65 - 55,095}{(117,18)^2} \therefore k = 0,000721332$$

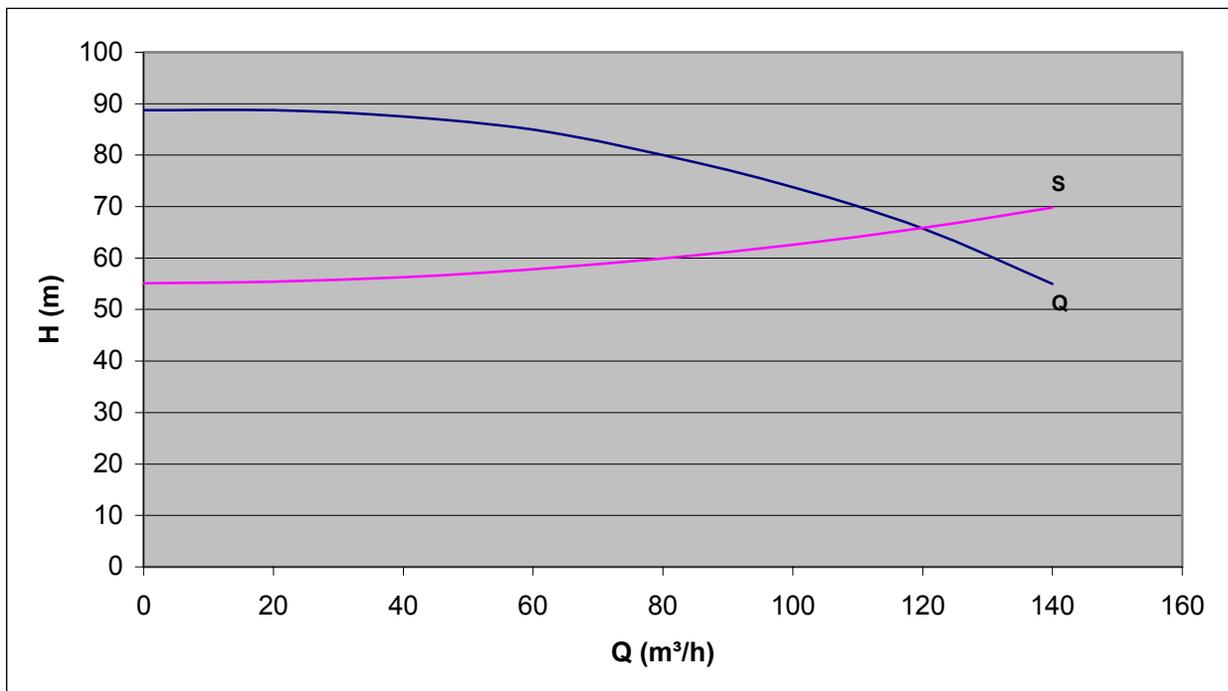
$H_{man} = 65,0 \text{ m}$

$H_0 = 55,095 \text{ m}$

$Q = 117,18 \text{ m}^3/\text{h}$

Q (m³/h)	H (m)
0	55,095
20	55,39
40	56,29
60	57,80
80	59,90
100	62,59
120	65,89
140	69,80

CURVA DA BOMBA X CURVA DO SISTEMA



2º ESTÁGIO DE BOMBEAMENTO

- 3ª Etapa

Curva da Bomba (Dados)

Q (m³/h)	H (m)
0	79,50
50	78,00
100	75,00
150	69,37
200	56,75
250	34,25

Curva do Sistema

Característica do sistema (k)

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

$$k = \frac{68 - 55,095}{(140,76)^2} \therefore k = 0,000651327$$

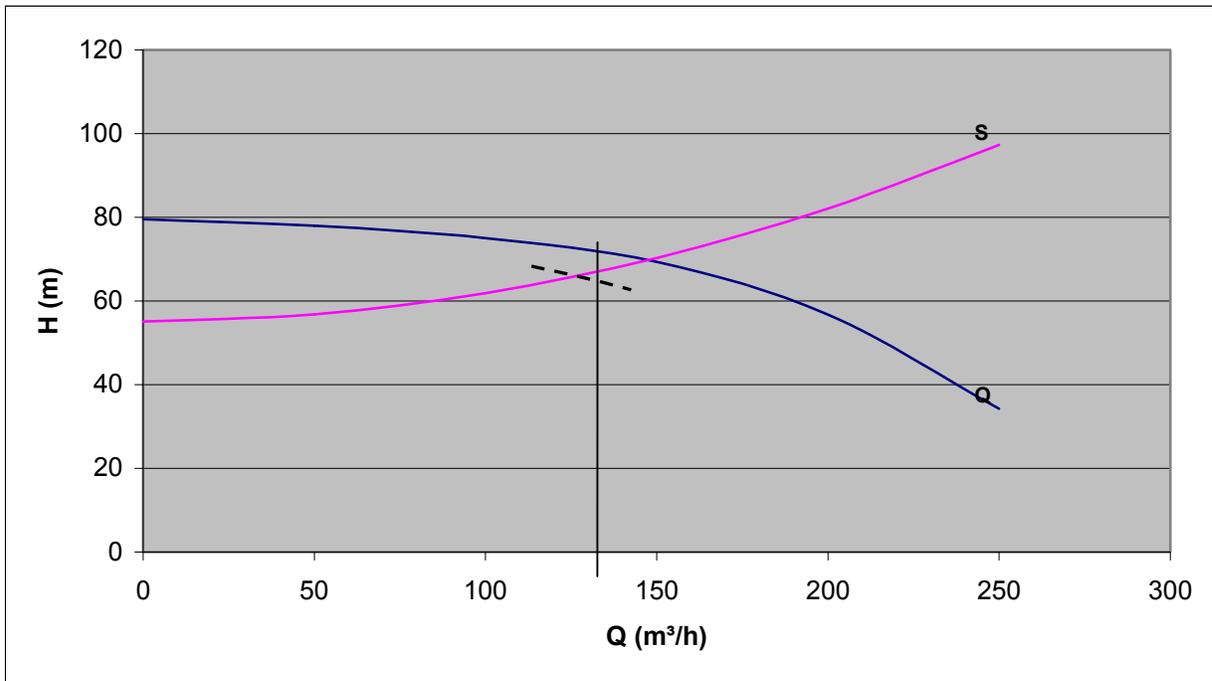
$$H_{man} = 68,0 \text{ m}$$

$$H_0 = 55,095 \text{ m}$$

$$Q = 140,76 \text{ m}^3/\text{h}$$

Q (m³/h)	H (m)
0	55,095
50	56,78
100	61,84
150	70,27
200	82,07
250	97,24

CURVA DA BOMBA X CURVA DO SISTEMA



2.3 - ADUÇÃO

2.3.1 - Definição dos Diâmetros

O diâmetro do sistema adutor foi estabelecido em função da análise econômica efetuada no estudo de concepção do projeto e do delineamento final adotado na presente fase do projeto executivo (ver Vol. III, Tomo I, Fig. 3.0)

2.3.2 - Blocos de Ancoragem

Procedeu-se ao cálculo da ancoragem da adutora considerando:

a) o valor do empuxo dado por:

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

onde: E = Empuxo Hidráulico, Kg;

S = Seção da tubulação em cm²;

P = Pressão interna em kg/cm²;

θ = Ângulo da curva.

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

A = área de contato, cm^2 ;

E = Empuxo, Kg;

σ_{adm} = taxa admissível do terreno, Kg/cm^2 ;

As dimensões dos blocos de ancoragem para cada conexão da adutora, constam da planta nº III-5-O-17/22-001.

2.3.3 - Movimento de Terra

A tubulação adutora será assentada numa vala de dimensões médias – profundidade de 1,20 m e largura de 1,00 m – no trecho EEAT – Sede do município. No trecho da adutora que abastece as localidades de Córrego Fundo (ramal 1) e Gualdrapas (ramal 2) as dimensões médias da vala são: profundidade de 1,00 m e largura de 0,60 m.

Em ambos os casos, a tubulação assentará-se sobre camada de areia fina de 0,10 m de espessura, quando a escavação for em material de 2ª ou 3ª categoria.

A classificação e volume do material a escavar, em termos estimativos, são os seguintes:

Categoria	Volume (m3)	%
1ª	11.203,00	70
2ª	3.201,00	20
3ª	1.600,00	10

2.3.4 - Avaliação do Transiente Hidráulico e Equipamento de Proteção

Tendo em vista o resultado da avaliação econômica procedida em relação as alternativas estudadas na fase de anteprojeto, decidiu-se pela instalação de uma chaminé de equilíbrio à altura da estaca 156 do eixo principal da adutora, a partir do qual o fluxo far-se-á por gravidade até os pontos de entrega d'água.

Fez-se então a avaliação do transiente hidráulico para este trecho, tendo se verificado que não há necessidade de equipamento de proteção do sistema além da própria chaminé de equilíbrio e das usuais ventosas de tríplice função e válvula de retenção na linha de recalque junto à bomba.

No anexo 2.0 apresenta-se ficha de cálculo e linha piezométrica de operação do sistema, assim como as envoltórias de pressão máxima e mínima, observadas durante a simulação do transiente hidráulico ocasionado por paralisação de bomba.

Os dados para execução da simulação constam da citada ficha, onde se percebe que o trecho estudado, est. 0, onde se situa a casa de bombas (EEAB-II) à

estaca 156 (ponto de cota elevada: Morro dos Cavalos), foi dividido em 6 segmentos (trechos)^(*).

No ponto extremo de jusante do trecho estudado, o programa utilizado (Modelo Computacional do Golpe de Aríete em Adutoras – GOLPE v1.0 do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, UFC), assume como condição de contorno, no caso, uma carga de 7,64m acima da cota do terreno natural, condição que é garantida pelo nível d'água no interior da chaminé de equilíbrio, no instante inicial do fenômeno.

A partir da est. 156, o escoamento no sistema adutor se faz por gravidade até completa paralisação da bomba, condição que é garantida pelo nível d'água inicial e durante o fenômeno transitório, na chaminé e o volume de acumulação calculado para a mesma.

Finalmente, analisando o gráfico gerado pelo programa, verifica-se que a curva envoltória das pressões mínimas não corta a linha do terreno natural em nenhum ponto do trecho e a pressão máxima registrada junto à bomba (H_{man}) é de 99,06mca, portanto, abaixo da pressão de serviço do tubo indicado (PVC, 1Mpa). Por outro lado, procedeu-se a simulação somente para a 3ª etapa em razão de que para as etapas anteriores as linhas de pressão máxima e mínima apresentam menor amplitude em relação à linha piezométrica de operação normal do sistema.

^(*) O trecho compreende: est. 100 à est. 156 do levantamento topográfico original, mais 230m da casa de bombas à estaca 100 acima referida.

2.3.5 - Dimensionamento da Chaminé de Equilíbrio

- Variação máxima de carga no interior da câmara da torre (y)

$$y = \pm \sqrt{\frac{L \cdot a}{g \cdot A}} \cdot V_0$$

$$y = \pm \sqrt{\frac{1350 \cdot 0,0327}{9,81 \cdot 13,052}} \cdot 1,285$$

$$y = \pm 0,74m$$

L (extensão do trecho adutor)=1.350 m
 a (área da seção interna da tubulação)=0,0327 m² (DN 200)
 g (aceleração da gravidade)= 9,81 m/s²
 A (área da seção interna da câmara)= 13,052 m²
 V₀(vel. média do fluxo d'água na tubulação)=1,285 m/s

- Volume mínimo da câmara (Vol.)

$$Vol = 2K_1 \sqrt{A}$$

$$K_1 = v_0 \sqrt{\frac{L \cdot a}{g}}$$

$$K_1 = 1,285 \sqrt{\frac{1350 \cdot 0,0327}{9,81}}$$

$$K_1 = 2,72m$$

$$\text{Vol} = 20,0 \text{ m}^3$$

- Altura mínima

$$\text{Tendo } D = 3,0 \text{ m,}$$

$$h = 4V_0 / \pi D^2$$

$$h = 2,83 \text{ m}$$

2.4 - ESTAÇÃO DE TRATAMENTO D'ÁGUA – ETA

2.4.1 - Generalidades

Para este sistema integrado de abastecimento de água foi projetada uma ETA compacta do tipo filtração direta ascendente, composta de uma câmara de carga (torre piezométrica), três filtros de corrente ascendente 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 25/09/2001 no rio Trairi, a qual está apresentada no Quadro 8.0.

QUADRO 8.0 – CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO TRAIRI, PRÓXIMO AO LOCAL DO BARRAMENTO (BARRAGEM TRAIRI)

Parâmetros	Índice	
	Amostra	Limite
Turbidez	1,94 UT	5
Cor	35,0 uH	15
Odor	inodoro	inodoro
pH	7,14	6,8 - 7,5
Alcalinidade Hidróxidos	0	
Alcalinidade Carbonatos	0	
Alcalinidade Bicarbonatos	30,0mgCaCO ³ /L	
Dureza	254,0mg CaCO ³ /L	500
Cálcio	25,6 mg Ca/L	
Magnésio	45,6 mg Mg/L	150
Condutividade	1605,0 mS/cm	750

Parâmetros	Índice	
	Amostra	Limite
Cloretos	430,0 mg Cl-/L	250
Cloro residual	Ausência	0,5
Sulfatos	7,45mg S0=4/L	250
Ferro	0,28 mg Fe/L	0,10
O ₂ consumido	8,25 mg O ₂ /L	1,5
Sódio	137,5 mg Na/L	
Potássio	13,1 mg K/L	
Nitritos	0,18 mg N-NO-2/L	0
Nitratos	1,46 mg N-NO-3/L	45
Amônia	0,01 mg N-NH-3/L	0
Sólidos Totais	834,0 mg STD/L	500
Alumínio	0,01 mgAl/L	

FONTE: CAGECE - Companhia de Água e Esgoto do Ceará

De acordo com esta análise pode-se dizer que a água do referido rio é utilizável, desde que submetida a tratamento adequado, tendo em vista alguns elementos excederem os limites toleráveis, que são: cor, condutividade, ferro, nitrito, amônia, O₂ consumido e sólidos totais. Os altos teores desses elementos, caracterizam uma alta presença de matéria orgânica, possivelmente resultado da pouca 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 cloreto, este deverá ter sua concentração diminuída após a construção do barragem. Vale ressaltar que com a construção do açude deverá ser coletada água deste com intuito de se obter uma análise físico-química mais representativa da água a ser tratada.

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).

Em vista do que foi exposto, o processo de tratamento adotado é a filtração direta ascendente com coagulação, floculação e desinfecção.

2.4.2 - Dimensionamento dos Filtros

2.4.2.1 - Parâmetros Adotados

- Q (1ª Etapa).....27,68 L/s; 0,00131 m³/s
- Q (2ª Etapa)34,24 L/s; 0,00156 m³/s

- Q (3ª Etapa)41,20 L/s; 0,00182 m³/s
- Tempo Máximo Diário de Operação da ETA (td).....20 horas
- Taxa de Filtração Máxima Diário (Tf).....120 m³/m² x dia

2.4.2.2 - Área Filtrante Total(Aft)

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

$$= \frac{0,02768 \times 72000}{120} = 16,61 \text{ m}^2 \quad (1^{\text{a}} \text{ Etapa})$$

$$= \frac{0,03424 \times 72000}{120} = 20,54 \text{ m}^2 \quad (2^{\text{a}} \text{ Etapa})$$

$$= \frac{0,04120 \times 72000}{120} = 24,72 \text{ m}^2 \quad (3^{\text{a}} \text{ Etapa})$$

2.4.2.3 - Número Mínimo de Unidades Filtrantes(N)

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

$$c = \frac{72000 \times 24,72}{1.000.000} = 1,78 \text{ milhões de L/dia (3ª Etapa)}$$

$$N = 1,4 \sqrt{1,78} = 1,87 \quad (3^{\text{a}} \text{ Etapa})$$

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:

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

2.4.2.4 - Área de cada Filtro (Af)

$$A_f = \frac{A_{ft}}{N} = \frac{24,72}{3} = 8,24 \text{ m}^2 \quad (3^{\text{a}} \text{ Etapa})$$

2.4.2.5 - Diâmetro de cada Filtro (Df)

$$Df = \sqrt{(4 * Af)/\pi} = 3,24m$$

Adotou-se o diâmetro de 3,20m, com área filtrante de 8,04m²(Afa).

2.4.2.6 - Taxa de Filtração Máxima Diária na 3ª Etapa (Tf)

$$Tf(3^a \text{ Etapa}) = ((Q/1000) * Td * 3600) / (Afa * N) = 122,95 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$$

2.4.2.7 - Volume para o Reservatório Apoiado (Vf)

O reservatório apoiado deverá estocar no mínimo o volume de meia hora de filtração, conforme cálculo a seguir:

$$Vf = (Q \text{ 3}^a \text{ etapa}) * 1,8 = 74 \text{ m}^3$$

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

2.4.3.1 - Vazão de lavagem (q)

$$q = v \times A$$

onde:

v - velocidade de lavagem (m/s)

A - área do filtro (m²)

Sabe-se que:

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

Adotou-se v = 0,80 m/min

Então:

$$q = \frac{0,80 \times 8,04}{60} = 0,107 \text{ m}^3/\text{s}$$

Adotou-se q = 107 L/s.

2.4.3.2 - Volume de lavagem (VI)

$$VI = q \times T$$

onde:

T - tempo de lavagem (s)

Sabe-se que:

$$T \geq 15 \text{ min (NBR 12.216), então:}$$

$$V = 0,107 \times 15 \times 60 = 96,51 \text{ m}^3.$$

Adotado: 100,0 m³.

2.4.3.3 - Volume do Reservatório Elevado (VRe)

O reservatório elevado deverá estocar o volume necessário para lavagem dos filtros mais 50,0 m³ destinados à localidade de Córrego Fundo.

$$VRe = 100 + 50 = 150 \text{ m}^3$$

2.4.3.4 - Vazão da Bomba de Recalque (Qre)

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

$$Qre = Vre / Tre \times 60 = 0,028 \text{ m}^3/\text{s} \text{ ou } 28,0 \text{ L/s}$$

2.4.3.5 - Potência dos Motores

No Quadro 9.0 estão apresentados o dimensionamento e as características dos conjuntos motobomba de lavagem dos filtros.

QUADRO 9.0

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 10.0.

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

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

onde: Q - vazão máxima diária (L/s);

T_d – Tempo máximo de funcionamento diário.

2.5.2.2 - Reservação Complementar

No Quadro 11.0 fez-se uma comparação entre a reservação existente e a necessária, onde se constata a necessidade de ampliação a partir do início da 2ª Etapa da estrutura de reservação da cidade de Trairi.

QUADRO 11.0 - Volumes de Reservação Existentes e Necessários – m³

LOCALIDADE	EXISTENTE			RESERVA NECESSÁRIA			DEFICT		
	RA	RE	TOTAL	1ª ETAPA	2ª ETAPA	3ª ETAPA	1ª ETAPA	2ª ETAPA	3ª ETAPA
Trairi	50,00	550,00	600,00	525,84	648,90	773,10	-74,16	48,90	173,10
Córrego Fundo	0,00	0,00	0,00	32,39	40,43	50,45	32,39	40,43	50,45
Gualdrapas	0,00	0,00	0,00	71,83	89,64	111,87	71,83	89,64	111,87
Campestre	0,00	0,00	0,00	34,25	41,81	52,17	34,25	41,81	52,17
TOTAL				664,31	820,78	987,60	64,31	220,78	387,60

RA – Reservatório apoiado

RE – Reservatório elevado

Em relação aos volumes a armazenar, levando em conta os dados constantes do quadro anterior, recomenda-se a construção no início da 2ª Etapa, de um reservatório complementar de 200,0 m³ para a cidade de Trairi. Para as demais localidades, dado a diminuta e precária estrutura de reservação existente, são recomendados reservatório elevados, no início da implantação do projeto de acordo com a indicação seguinte:

Gualdrapas: 100,0 m³

Córrego Fundo: 75,0 m³

Campestre: 75,0 m³

QUADRO 10.0

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

Freqüência: 60 Hz.

2.6.3 - Memória de Cálculo da Casa de Química (Iluminação)

2.6.3.1 - Alimentação do Circuito 1 : Iluminação Interna

a) Dados

Carga: - 9 luminárias com 2 lâmpadas fluorescentes de 32 W/220V.....576 W.

2 luminárias com 1 lâmpada pl de 15W/220V.....30 W.

Carga total:.....606 W.

$$I_{IL} = 2,89 \text{ A}$$

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

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

Cabo estimado: 1,5mm²

b) Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{2,89 \times 30 \times 0,95}{56 \times 1,5} = 0,98\text{V}$$

$$\Delta U\% = \frac{0,98}{220} \times 100 = 0,44\%$$

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

c) Proteção do circuito

$$I_p = 1,15 \times 2,89 = 3,32 \text{ A}$$

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

2.6.3.2 - Alimentação do Circuito 2 : 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

$$\Delta U = \frac{0,72 \times 30 \times 0,95}{56 \times 1,5} = 0,24\text{V}$$

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

Logo o condutor adotado será 1,5mm² para fase, 1,5mm² para neutro e 1,5 mm² 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 15 A, escolhemos o disjuntor monofásico de 10 A /250V.

2.6.3.3 - Alimentação do Circuito 3 : Tomadas Uso Comum

a) Dados

Carga: 17 tomadas 15 A/220V, 2P+T.....1.700 W.

Carga total:.....1.700 W.

$$I_{IL} = 8,13 \text{ A}$$

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

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

Cabo estimado: 2,5mm²

b) Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{8,13 \times 30 \times 0,95}{56 \times 2,5} = 1,65\text{V}$$

$$\Delta U\% = \frac{1,65}{220} \times 100 = 0,75\%$$

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

c) Proteção do circuito

$$I_p = 1,15 \times 8,13 = 9,35 \text{ A}$$

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

2.6.3.4 - Alimentação do Circuito 4 : Tomadas Trifásicas

a) Dados

Carga: 5 tomadas 15 A/220V, 3P+T.....500 W.

Carga total:.....500 W.

$$I_{IL} = 0,80 \text{ A}$$

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

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

Cabo estimado: 2,5mm²

b) Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{0,80 \times \sqrt{3} \times 20 \times 0,95}{56 \times 2,5} = 0,19 \text{ V}$$

$$\Delta U\% = \frac{0,19}{220} \times 100 = 0,05\%$$

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

c) Proteção do circuito

$$I_p = 1,15 \times 0,80 = 0,92 \text{ A}$$

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

2.6.3.5 - Alimentador Geral (QGBT ao QDLF2)

a) Dados

$$I_T = 12,54 \text{ A}$$

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

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

Cabo estimado: 4 mm²

b) Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{12,54 \times \sqrt{3} \times 40 \times 0,95}{56 \times 4,0} = 3,68 \text{ V}$$

$$\Delta U\% = \frac{3,68}{380} \times 100 = 0,96\%$$

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

c) Proteção da Cablagem de BT

$$I_T \times 1,15 = 12,54 \times 1,15 = 14,42 \text{ A}$$

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

2.6.4 - Memória de Cálculo da ETA/EEAT (Iluminação)

2.6.4.1 - 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.

$$I_{IL} = 1,53 \text{ A}$$

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

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

Cabo estimado: 1,5mm²

b) Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{1,53 \times 15 \times 0,95}{56 \times 1,5} = 0,25\text{V}$$

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

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

c) Proteção do circuito

$$I_p = 1,15 \times 1,53 = 1,76 \text{ A}$$

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

2.6.4.2 - Alimentação do Circuito 2 : Iluminação Externa

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

$$\Delta U = \frac{0,72 \times 30 \times 0,95}{56 \times 1,5} = 0,24\text{V}$$

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

Logo o condutor adotado será 1,5mm² para fase, 1,5mm² para neutro e 1,5 mm² 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 15 A, escolhemos o disjuntor monofásico de 10 A /250V.

2.6.4.3 - Alimentação do Circuito 3 : Iluminação Externa Pátio

a) Dados

Carga: 9 luminárias com 1 lâmpada VM de 250W/220V.....2.250 W.

Carga total:.....2.250 W.

$$I_{IL} = 10,76 \text{ A}$$

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

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

Cabo estimado: 2,5mm²

b) Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{10,76 \times 80 \times 0,95}{56 \times 2,5} = 5,84\text{V}$$

$$\Delta U\% = \frac{5,84}{220} \times 100 = 2,65\%$$

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

c) Proteção do circuito

$$I_p = 1,15 \times 10,76 = 12,37 \text{ A}$$

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

2.6.4.4 - Alimentação do Circuito 4 : Tomadas Uso Comum

a) Dados

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

Carga total:.....200 W.

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

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

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

Cabo estimado: 2,5mm²

b) Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{0,96 \times 10 \times 0,95}{56 \times 2,5} = 0,065\text{V}$$

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

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

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 21 A, escolhemos o disjuntor monofásico de 10 A /250V.

2.6.4.5 - Alimentação do Circuito 5 : Tomada de Força

a) Dados

Tomada de força 32 A / 500 V =10.000 W

TOTAL = 10.000 W

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

$L = 10 \text{ m}$

$U = 380\text{V}$

Cabo estimado: 4,0mm²

b) Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{16,01 \times \sqrt{3} \times 10 \times 0,95}{56 \times 4,0} = 1,17 \text{ V}$$

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

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

c) 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.

2.6.4.6 - Alimentador Geral (QGBT ao QDLF1)

a) Dados

$I_T = 29,98\text{A}$

$U = 380 \text{ V}$

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

Cabo estimado: 6 mm²

b) Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{29,98 \times \sqrt{3} \times 5,0 \times 0,95}{56 \times 6,0} = 0,73 \text{ V}$$

$$\Delta U\% = \frac{0,73}{380} \times 100 = 0,19\%$$

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

c) Proteção da Cablagem de BT

$$I_T \times 1,15 = 29,98 \times 1,15 = 34,47 \text{ A}$$

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

2.6.5 - Memória de Cálculo da EEAB/EEAT (CCM)

2.6.5.1 - Alimentação do Circuito 1 - Iluminação e Tomada de Força do Flutuante

a) Dados

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

Tomada de força 32 A / 500 V =10.000 W

Carga total:.....10.072 W.

$$I_{IL} = 16,12 \text{ A}$$

$$L = 360 \text{ m}$$

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

Cabo estimado: 16mm²

b) Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{16,12 \times \sqrt{3} \times 360 \times 0,95}{56 \times 16} = 10,64 \text{ V}$$

$$\Delta U\% = \frac{10,64}{220} \times 100 = 2,80\%$$

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

c) Proteção do Circuito

$$I_p = 1,50 \times 16,12 = 24,18 \text{ A}$$

Como a corrente máxima que o cabo suporta é de 68 A, escolhemos o disjuntor termo magnético trifásico 25 A /750V/2KA, em caixa moldada.

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

(15 CV - 1ª etapa), (20CV – 2ª etapa), (25CV – 3ª etapa)

a) Dados

15CV(1ª ETAPA)	20CV(2ª ETAPA)	25CV(3ª ETAPA)
$I_M = 19,86\text{A}$	$I_M = 26,48\text{A}$	$I_M = 33,10\text{A}$
$I_M = (1,25 \times 19,86) = 24,83\text{A}$	$I_M = (1,25 \times 26,48) = 33,10\text{A}$	$I_M = (1,25 \times 33,10) = 41,37\text{A}$
$L = 360\text{m}$	$L = 360\text{m}$	$L = 360\text{m}$
$U = 380\text{V}$	$U = 380\text{V}$	$U = 380\text{V}$
Cabo estimado = 35mm ²	Cabo estimado = 50mm ²	Cabo estimado = 50mm ²

b) Pela Corrente Nominal dos Motores

15CV(1ª ETAPA)	$\Delta U = \frac{19,86 \times \sqrt{3} \times 360 \times 0,95}{56 \times 35} = 5,99\text{V}$	$\Delta U\% = \frac{5,99}{380} \times 100 = 1,57\%$
20CV(2ª ETAPA)	$\Delta U = \frac{26,48 \times \sqrt{3} \times 360 \times 0,95}{56 \times 50} = 5,59\text{V}$	$\Delta U\% = \frac{5,59}{380} \times 100 = 1,47\%$
25CV(3ª ETAPA)	$\Delta U = \frac{33,10 \times \sqrt{3} \times 360 \times 0,95}{56 \times 50} = 6,99\text{V}$	$\Delta U\% = \frac{6,99}{380} \times 100 = 1,83\%$

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

15CV(1ª ETAPA)	$I_P = (8,3 \times 19,86)/3 = 54,94\text{A}$	$\Delta U = \frac{54,94 \times \sqrt{3} \times 360 \times 0,95}{56 \times 35} = 16,58\text{V}$	$\Delta U\% = \frac{16,58}{380} \times 100 = 4,36\%$
----------------	--	--	--

20CV(2ª ETAPA)
 $I_P = (8,3 \times 26,48)/3 = 73,26A$ $\Delta U = \frac{73,26 \times \sqrt{3} \times 360 \times 0,95}{56 \times 50} = 15,48V$ $\Delta U\% = \frac{15,48}{380} \times 100 = 4,07\%$

25CV(3ª ETAPA)
 $I_P = (8,6 \times 33,10)/3 = 94,88A$ $\Delta U = \frac{94,88 \times \sqrt{3} \times 360 \times 0,95}{56 \times 50} = 20V$ $\Delta U\% = \frac{20}{380} \times 100 = 5,26\%$

Logo será adotado para os motores :

1ª etapa - cabo de cobre isolado de 35mm² para fases; 25mm² para o neutro e 25mm² para proteção.

2ª etapa - cabo de cobre isolado de 50mm² para fases; 25mm² para o neutro e 25mm² para proteção.

3ª etapa - cabo de cobre isolado de 50mm² para fases; 25mm² para o neutro e 25mm² para proteção.

d) Cálculo da Proteção dos Motores.

15CV(1ª ETAPA)	20CV(2ª ETAPA)	25CV(3ª ETAPA)
Fusível : 1,50 x 19,86A=29,79A	Fusível : 1,50 x 26,48A=39,72A	Fusível : 1,50 x 31,10A=46,65A
Disjuntor: 1,50 x 19,86A=29,79A	Disjuntor: 1,50 x 26,48A=39,72A	Disjuntor: 1,50 x 31,10A=46,65A

Logo será adotado para os motores :

1ª etapa - disjuntor termomagnético tripolar de 30 A /500V/ 2KA e fusível NH Ultra Rápido de 30 A

2ª etapa -disjuntor termomagnético tripolar de 35 A /500V/ 2KA e fusível NH Ultra Rápido de 35 A

3ª etapa - disjuntor termomagnético tripolar de 45 A /500V/ 2KA e fusível NH Ultra Rápido de 45 A

2.6.5.3 - Alimentador Geral do CCM1 (Do QGBT ao CCM1) 1 motor de 25CV

OBS: Cálculo feito para Dimensionamento do Alimentador (CCM1) na 3ªEtapa.

a) Dados

$$I_T = (1,25 \times 33,10) = 41,37A$$

$$I_T = 41,37A$$

$$U = 380 V$$

$$L = 1m$$

Cabo estimado: 10 mm²

b) Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{41,37 \times \sqrt{3} \times 1 \times 0,95}{56 \times 10} = 0,12V$$

$$\Delta U\% = \frac{0,12}{380} \times 100 = 0,03\%$$

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

c) Proteção Geral do Alimentador do CCM1

$$I_T \times 1,15 = 41,37 \times 1,15 = 47,57 A$$

Será adotado disjuntor termomagnético de 50A / 750V / 5KA em caixa moldada.

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

(40CV - 1^a etapa), (50CV – 2^a etapa), (60CV – 3^a etapa)

d) Dados

40CV(1 ^a ETAPA)	50CV(2 ^a ETAPA)	60CV(3 ^a ETAPA)
$I_M = 52,96A$	$I_M = 66,20A$	$I_M = 79,44A$
$I_M = (1,25 \times 52,96) = 66,20A$	$I_M = (1,25 \times 66,20) = 82,75A$	$I_M = (1,25 \times 79,44) = 99,30A$
$L = 10m$	$L = 10m$	$L = 10m$
$U = 380V$	$U = 380V$	$U = 380V$
Cabo estimado = 16mm ²	Cabo estimado = 25mm ²	Cabo estimado = 35mm ²

b) Pela Corrente Nominal dos Motores

40CV(1ª ETAPA)	$\Delta U = \frac{66,20 \times \sqrt{3} \times 10 \times 0,95}{56 \times 16} = 1,21V$	$\Delta U\% = \frac{1,21}{380} \times 100 = 0,32\%$
50CV(2ª ETAPA)	$\Delta U = \frac{82,75 \times \sqrt{3} \times 10 \times 0,95}{56 \times 25} = 0,97V$	$\Delta U\% = \frac{0,97}{380} \times 100 = 0,25\%$
60CV(3ª ETAPA)	$\Delta U = \frac{99,30 \times \sqrt{3} \times 10 \times 0,95}{56 \times 35} = 0,83V$	$\Delta U\% = \frac{0,83}{380} \times 100 = 0,21\%$

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

40CV(1ª ETAPA) $I_p = (7,6 \times 52,96)/3 = 134,16A$	$\Delta U = \frac{134,16 \times \sqrt{3} \times 10 \times 0,95}{56 \times 16} = 2,46V$	$\Delta U\% = \frac{2,46}{380} \times 100 = 0,64\%$
50CV(2ª ETAPA) $I_p = (7,6 \times 66,20)/3 = 167,70A$	$\Delta U = \frac{167,70 \times \sqrt{3} \times 10 \times 0,95}{56 \times 35} = 1,40V$	$\Delta U\% = \frac{1,40}{380} \times 100 = 0,37\%$
60CV(3ª ETAPA) $I_p = (7,4 \times 79,44)/3 = 195,95A$	$\Delta U = \frac{195,95 \times \sqrt{3} \times 10 \times 0,95}{56 \times 35} = 1,64V$	$\Delta U\% = \frac{1,64}{380} \times 100 = 0,43\%$

Logo será adotado para os motores :

1ª etapa - cabo de cobre isolado de 16mm² para fases; 16mm² para o neutro e 16mm² para proteção.

2ª etapa - cabo de cobre isolado de 25mm² para fases; 25mm² para o neutro e 25mm² para proteção.

3ª etapa - cabo de cobre isolado de 35mm² para fases; 25mm² para o neutro e 25mm² para proteção.

d) Cálculo da Proteção dos Motores.

40CV(1ª ETAPA)	50CV(2ª ETAPA)	60CV(3ª ETAPA)
Fusível : 1,50 x 52,96A=79,44A	Fusível : 1,50 x 66,20A=99,30A	Fusível : 1,50 x 79,44A=119,16A
Disjuntor: 1,50 x 52,96A=72,44A	Disjuntor: 1,50 x 66,20A=99,30A	Disjuntor: 1,50x 79,44A=119,16A

Logo será adotado para os motores :

1ª etapa - disjuntor termomagnético tripolar de 70 A /500V/ 2KA e fusível NH Ultra Rápido de 70 A

2ª etapa -disjuntor termomagnético tripolar de 90 A /500V/ 2KA e fusível NH Ultra Rápido de 90 A

3ª etapa - disjuntor termomagnético tripolar de 110 A /500V/ 2KA e fusível NH Ultra Rápido de 110^A

2.6.5.5 - Alimentador Geral do CCM1 (Do QGBT ao CCM2) 1 motor de 60CV

OBS: Cálculo feito para Dimensionamento do Alimentador (CCM2) na 3ªEtapa.

a) Dados

$$I_T = (1,25 \times 79,44) = 99,30A$$

$$I_T = 99,30A$$

$$U = 380 V$$

$$L = 1m$$

Cabo estimado: 35 mm²

b) Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{99,30 \times \sqrt{3} \times 1 \times 0,95}{56 \times 35} = 0,08V$$

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

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

c) Proteção Geral do Alimentador do CCM2

$$I_T \times 1,15 = 99,30 \times 1,15 = 114,19 A$$

Será adotado disjuntor termomagnético de 100A / 750V / 5KA em caixa moldada.

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

(15 CV - 1ª etapa), (15CV – 2ª etapa), (15CV – 3ª etapa)

OBS: Cálculo feito para Dimensionamento do Alimentador (CCM3) na 3ª Etapa.

a) Dados

15CV(1ª=2ª=3ª ETAPA)

$$I_M = 19,86^A$$

$$I_M = (1,25 \times 19,86) = 24,83A$$

$$L = 10m$$

$$U = 380V$$

Cabo estimado = 4,0mm²

b) Pela Corrente Nominal dos Motores

$$15CV \quad \Delta U = \frac{19,86 \times \sqrt{3} \times 10 \times 0,95}{56 \times 4,0} = 1,45V \quad \Delta U\% = \frac{1,45}{380} \times 100 = 0,38\%$$

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

$$15CV \quad I_P = (8,3 \times 19,86)/3 = 54,94A \quad \Delta U = \frac{54,94 \times \sqrt{3} \times 10 \times 0,95}{56 \times 4,0} = 4,03V \quad \Delta U\% = \frac{4,03}{380} \times 100 = 1,06\%$$

Logo será adotado para os motores :

1ª, 2ª e 3ª etapa - cabo de cobre isolado de 4mm² para fases; 4mm² para o neutro e 4mm² para proteção.

d) Cálculo da Proteção dos Motores.

15CV(1ª ETAPA)

$$\text{Fusível} : 1,50 \times 19,86A = 29,79A$$

$$\text{Disjuntor} : 1,50 \times 19,86A = 29,79A$$

Logo será adotado disjuntor termomagnético tripolar de 30 A /500V/ 2KA e fusível NH Ultra Rápido de 30 A

2.6.5.7 - Alimentador Geral do CCM1 (Do QGBT ao CCM3) 1 motor de 15CV

a) Dados

$$I_T = (1,25 \times 19,86) = 24,83A$$

$$I_T = 24,83A$$

$$U = 380 V$$

$$L = 1m$$

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

b) Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{24,83 \times \sqrt{3} \times 1 \times 0,95}{56 \times 4,0} = 0,18V$$

$$\Delta U\% = \frac{0,18}{380} \times 100 = 0,04\%$$

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

c) Proteção Geral do Alimentador do CCM1

$$I_T \times 1,15 = 19,36 \times 1,15 = 22,83 A$$

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

2.6.5.8 - Alimentador Geral (Medição ao QGBT)

a) Dados

$$I_T = (1,25 \times 79,44) + 33,10 + 19,86 + 42,86 A$$

$$I_T = 195,12 A$$

$$U = 380 V$$

$$L = 20m$$

$$\text{Cabo estimado: } 95\text{mm}^2$$

b) Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{195,12 \times \sqrt{3} \times 20 \times 0,95}{56 \times 95} = 1,20V$$

$$\Delta U\% = \frac{1,20}{380} \times 100 = 0,31\%$$

Logo o condutor adotado será 95mm² para fase e 50mm² para neutro e 25mm² para proteção.

c) Proteção da Cablagem de BT

$$I_T \times 1,15 = 195,12 \times 1,15 = 224,38 \text{ A}$$

Será adotado disjuntor termomagnético de 200A / 750V / 5KA em caixa moldada.

2.6.6 - Potencia do Transformador de Força

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

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

(1ª ETAPA)

(2 e 3ª ETAPAS)

$$a = 5,948\text{kW}$$

$$a = 5,948\text{kW}$$

$$FP = 0,95$$

$$FP = 0,95$$

$$g = 20$$

$$g = 20$$

$$f = (0,87 \times 15 \times 0,83 \times 0,85) +$$

$$f = (0,87 \times 15 \times 0,83 \times 0,85) +$$

$$(0,87 \times 25 \times 0,85 \times 0,80) +$$

$$(0,87 \times 40 \times 0,85 \times 0,80) = 42,08$$

$$(0,87 \times 60 \times 0,87 \times 0,90) = 64,86$$

$$D = \frac{0,77 \times 5,948}{0,95} + 42,08 + 20 = 66,$$

$$D = \frac{0,77 \times 5,948}{0,95} + 64,86 + 20 = 89,6$$

Transformador adotado 75kVA

Transformador adotado
112,5kVA

Alimentação do transformador à medição:

(1ª ETAPA)

$$I_T = \frac{75 \times 1000}{380 \times \sqrt{3}} = 114,08 \text{ A} \quad \Delta U = \frac{114,08 \times \sqrt{3} \times 5,0 \times 0,95}{56 \times 50} = 0,33 \text{ V} \quad \Delta U\% = \frac{0,33}{380} \times 100 = 0,08\%$$

(2ª e 3ª ETAPAS)

$$I_T = \frac{112,5 \times 1000}{380 \times \sqrt{3}} = 170,97 \text{ A} \quad \Delta U = \frac{170,97 \times \sqrt{3} \times 5,0 \times 0,95}{56 \times 70} = 0,35 \text{ V} \quad \Delta U\% = \frac{0,35}{380} \times 100 = 0,09\%$$

Logo na 1ª etapa, o condutor adotado será 50mm² para fase, 25mm² para neutro.

2ª etapa, o condutor adotado será 70mm² para fase, 35mm² para neutro.

Proteção do Transformador

(1ª ETAPA)

(2 e 3ª ETAPAS)

$$I_T \times 1,15 = 114,08 \times 1,15 = 131,19 \text{ A} \quad I_T \times 1,15 = 170,97 \times 1,15 = 196,61 \text{ A}$$

1ª etapa - será adotado disjuntor termomagnético de 125A / 750V / 5KA em caixa moldada.

2ª etapa- será adotado disjuntor termomagnético de 175A / 750V / 5KA em caixa moldada.

ANEXO 1- CURVAS DE BOMBA

1º ESTÁGIO DE BOMBEAMENTO

1ª ETAPA: ROTOR: 250mm

ITA 80.260 (XEROX)

1º ESTÁGIO DE BOMBEAMENTO

2ª ETAPA: ROTOR: 250mm

3ª ETAPA: ROTOR: 260mm

ITA 100.260 (XEROX)

2º ESTÁGIO DE BOMBEAMENTO

1ª ETAPA: ROTOR: 290mm

2ª ETAPA: ROTOR: 330mm

ITA 80.400/2 (XEROX)

2º ESTÁGIO DE BOMBEAMENTO

3ª ETAPA: ROTOR: 400mm

ITA 100.400 (XEROX)

ANEXO 2 - TRANSIENTE HIDRÁULICO

===== DADOS DE ENTRADA =====

Número de Trechos do Sistema = 6
 Número de Trechos do Último tubo = 1
 Vazão no Estado Permanente (m3/s) = 0,038424
 Rotação Inicial da Bomba (rpm) = 1750
 Tempo de Cálculo do Transitório a ser considerado (s) = 60
 Número de Bombas em Paralelo = 1
 Vazão Ótima (m3/s) = 0,038424
 Carva Ótima (m3/s) = 68
 Rotação Ótima (rpm) = 1750
 Eficiência Ótima = 0,7
 Momento de Inércia das Massas Girantes (kg.m2) = 1,9745
 Intervalo de Tempo Computacional (DT) em segundos = 0,4880694

Rotação Especifica (Ns) = 14,48631

TUBO Nº	COMPR.	DIAMETRO	CELERIDADE	COEF.DE ATRITO
1	225	0,204	461	1036,68
2	225	0,204	461	1036,68
3	225	0,204	461	1036,68
4	225	0,204	461	1036,68
5	225	0,204	461	1036,68
6	225	0,204	461	1036,68

TUBO Nº	CELERIDADE AJUSTADA
1	461
2	461
3	461
4	461
5	461
6	461

RESUMO DOS RESULTADOS =====

Carga Máxima no Sistema = 134,28
 Carga Mínima no Sistema = 44,37

TUBO = 1
 Carga Máxima no Trecho 1 = 134,28
 Carga Mínima no Trecho 1 = 44,37

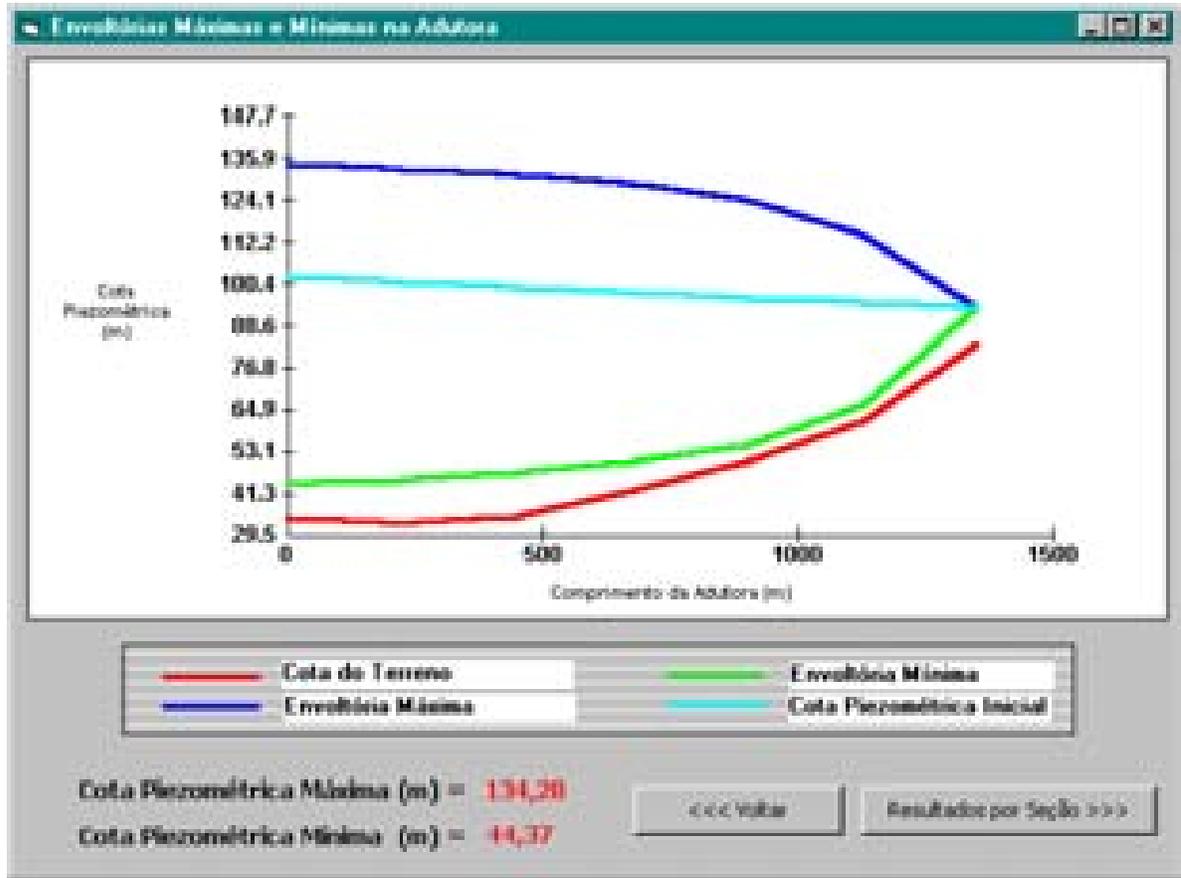
TUBO = 2
 Carga Máxima no Trecho 2 = 133,25
 Carga Mínima no Trecho 2 = 45,50

TUBO = 3
 Carga Máxima no Trecho 3 = 131,60
 Carga Mínima no Trecho 3 = 47,31

TUBO = 4
 Carga Máxima no Trecho 4 = 129,03
 Carga Mínima no Trecho 4 = 50,15

TUBO = 5
 Carga Máxima no Trecho 5 = 124,39
 Carga Mínima no Trecho 5 = 55,28

TUBO = 6
 Carga Máxima no Trecho 6 = 114,27
 Carga Mínima no Trecho 6 = 66,38



ANEXO 3 – CÁLCULO DE ESTABILIDADE DO FLUTUANTE

VERIFICAÇÃO DE ESTABILIDADE DO FLUTUANTE

1) ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO SISTEMA

O sistema de flutuantes será composto basicamente de:

➤ **Flutuante principal**

Flutuante composto por 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. Vê desenho III-5-O-02/XX-001.

➤ **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 item	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)	2.413	1,6	3.861	
SUBTOTAL	3.893		4909	1,26

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) = 2.933 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 = (2.933+960)/16 = 243 mm

4) CÁLCULO DA ALTURA METACÊNTRICA (GM)

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

GM = IT/Volume de Deslocamento = 21,33 / 3,893 = **5,48 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:

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

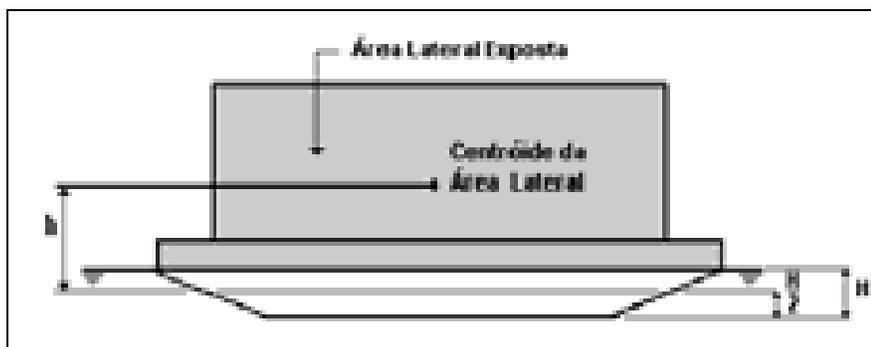


FIGURA 1.0: Caracterização de Parâmetros do Critério de Estabilidade (Barcaças)

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 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)

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

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

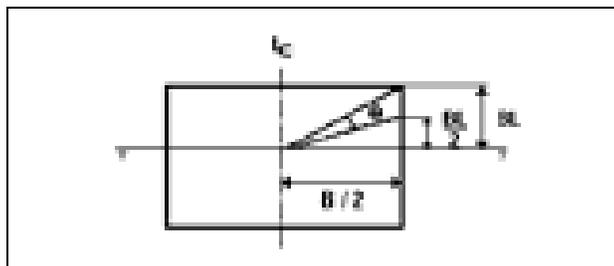


FIGURA 2.0: Determinação do ângulo θ

Logo, temos que:

$$A = \{0,6 - 0,24 \text{ (calado definido anteriormente)}\} \times 4,0 = 1,44 \text{ m}^2$$

$$P = 0,055 + (L_{pp}/1309)^2 = 0,055 + (4/1309)^2 = 0,055 + 0,000009 = 0,055009$$

$h = 0,24/2 + 1,37$ (considerando uma carga com centróide de área 1 m acima do convés)

$$= 1,490$$

$$\Delta = 3,893 \text{ t}$$

$$\text{tg } \theta = (0,36/2) / 2,0 = 0,090$$

e

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

$$\Delta \times \text{tg } \theta$$

$$GM_r = (0,055009 \times 1,44 \times 1,490) / (3,893 \times 0,090) = 0,34 \text{ m}$$

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

COMO $GMO = 5,48 \text{ M}$, $>$ QUE $0,34 \text{ M}$, CONCLUÍMOS QUE:

O FLUTUANTE APRESENTA ESTABILIDADE SATISFATÓRIA PARA O SERVIÇO PRETENDIDO