



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH
SUB-PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DE
RECURSOS HÍDRICOS PARA O SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO - PROÁGUA



PROÁGUA

S E M I - Á R I D O

**ADUTORA PARA ABASTECIMENTO D'ÁGUA
DO MUNICÍPIO DEPUTADO IRAPUAN PINHEIRO,
ESTADO DO CEARÁ**

**VOLUME 3
RELATÓRIO DO PROJETO EXECUTIVO**

TOMO I - RELATÓRIO GERAL E MEMORIAL DE CÁLCULO

**FORTALEZA
JANEIRO/2002**



**ADUTORA DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO D'ÁGUA
DO MUNICÍPIO DEPUTADO IRAPUAN PINHEIRO**

**VOLUME 3
RELATÓRIO DO PROJETO EXECUTIVO**

TOMO I - RELATÓRIO GERAL E MEMORIAL DE CÁLCULO

ÍNDICE

ÍNDICE

1 - APRESENTAÇÃO	5
2 - INTRODUÇÃO	7
3 - MANANCIAL.....	11
4 - PROJETO PROPOSTO	13
4.1 - DELINEAMENTO GERAL DO PROJETO.....	14
4.2 - ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS DE ÁGUA.....	16
4.2.1 - Estação Elevatória de Água Bruta – EEAB (Captação)	16
4.2.2 - Estação Elevatória de Água Tratada – EEAT e EELF.....	17
4.3 - SISTEMA ADUTOR	18
4.4 - ESTAÇÃO DE TRATAMENTO D'ÁGUA	18
4.5 - RESERVAÇÃO	21
5 - MEMORIAL DE CÁLCULO	22
5.1 - ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA BRUTA - EEAB.....	23
5.1.1 - Dimensionamento dos Conjuntos motobombas	23
5.1.1.1 - Altura Manométrica Total – AMT.....	23
5.1.1.2 - Potência dos Motores	25
5.1.1.3 - Curva da bomba x curva do sistema.....	25
5.1.1.4 - Cavitação	30
5.2 - ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA – EEAT.....	31
5.2.1 - Dimensionamento dos conjuntos motobombas	31
5.2.1.1 - Altura Manométrica Total – AMT.....	31
5.2.1.2 - Potência dos Motores	36
5.2.1.3 - Curva da bomba x curva do sistema.....	36
5.2.1.4 - Cavitação	40
5.3 - ADUÇÃO.....	41
5.3.1 - Definição dos diâmetros	41
5.3.2 - Blocos de ancoragem.....	41
5.3.3 - Movimento de Terra.....	42
5.3.4 - Avaliação do Transiente Hidráulico e Equipamento de Proteção	42
5.3.4.1 - Avaliação de Transientes Hidráulicos	42
5.3.4.2 - Equipamento de Proteção.....	48
5.3.5 - Localização das Obras Cívicas.....	48

5.4 - ESTAÇÃO DE TRATAMENTO D'ÁGUA – ETA.....	48
5.4.1 - Generalidades	48
5.4.2 - Dimensionamento dos Filtros.....	50
5.4.2.1 - Parâmetros Adotados	50
5.4.2.2 - Área Filtrante Total(Aft).....	50
5.4.2.3 - Número de Unidades (N)	50
5.4.2.4 - Área de Cada Filtro (Af)	51
5.4.2.5 - Diâmetro de cada Filtro (Df).....	51
5.4.2.6 - Taxa de Filtração Máxima Diária na 3ª Etapa (Tf)	51
5.4.2.7 - Volume do reservatório apoiado (VRA).....	51
5.4.3 - Dimensionamento da Estação Elevatória de Lavagem dos Filtros (EELF).....	51
5.4.3.1 - Vazão de lavagem (q)	51
5.4.3.2 - Volume de lavagem (Vl).....	51
5.4.3.3 - Volume RE para lavagem (VRE).....	52
5.4.3.4 - Vazão da Bomba de Recalque (Qre)	52
5.4.3.5 - Potência dos Motores	52
5.4.4 - Quantidade de Produtos Químicos	52
5.5 - RESERVAÇÃO	52
5.5.1 - Critérios de Reservação	52
5.5.2 - Dimensionamento da reservação	52
5.5.2.1 - Fórmula Utilizada	52
5.5.2.2 - Reservação Complementar	55
6 - PROJETO ELÉTRICO	56
6.1 - INTRODUÇÃO	57
6.2 - POTÊNCIA DA SUBESTAÇÃO – DIMENSIONAMENTO ELÉTRICO	57
6.2.1 - Captação em Flutuante.....	57
6.2.2 - Estação Elevatória para Lavagem de Filtros	58
6.2.3 - Estação Elevatória da Adutora de Água Tratada	58
6.2.4 - Proteção.....	59
6.2.5 - Condutores/Eletrodutos	59
6.2.6 - Proteção do motor – 20cv (EEAT)	60
6.2.7 - Proteção Motor – 10 CV - EELF	60
6.2.8 - Proteção do Motor – 10 CV (Captação Flutuante).....	61

1 - APRESENTAÇÃO

1 - APRESENTAÇÃO

Tendo por objetivo implantar a adutora do sistema de abastecimento d'água do município de Irapuan Pinheiro, a Secretaria de Recursos Hídricos – SRH e a AGUASOLOS Consultora de Engenharia Ltda., firmaram o Contrato Nº 053/2000-SRH, para a Elaboração do Projeto Executivo correspondente.

A edição do Projeto em referencia está constituída dos seguintes volumes e tomos:

Volume 1 – Estudos Básicos

Tomo I – Estudos Básicos e Alternativas de Traçado

Tomo II – Levantamentos Topográficos e Investigações Geotécnicas

Volume 2 – Estudos de Concepção do Sistema

Volume 3 – Relatório do Projeto Executivo

Tomo I – Relatório Geral e Memorial de Cálculo

Tomo II – Quantitativos e Orçamentos

Tomo III – Especificações Técnicas e Normas de Medição e Pagamento

Tomo IV – Plantas

Volume 4 – Estudos de Viabilidade Ambiental

Volume 5 – Estudos de Viabilidade Financeira e Econômica

2 - INTRODUÇÃO

2 - INTRODUÇÃO

O presente relatório se constitui no relatório geral e memorial de cálculo do projeto executivo da Adutora do Sistema de Abastecimento D'água do município Deputado Irapuan Pinheiro, criado no ano de 1988, pela Lei Estadual nº 11.429, pertencente à micro-região "Sertão de Senador Pompeu".

A sede municipal tem as seguintes coordenadas geográficas: 5° 55'01" de latitude sul e 39°16'04" de longitude a oeste do meridiano de Greenwich. Sua altitude é de 250m.

A área do município tem 505,6 km² e a distância entre a sede e a cidade de Fortaleza é de 355 km, utilizando trechos das seguintes rodovias: BR-116, BR-112, CE-359, CE-060, CE-166 e CE-275.

Referido projeto tem como meta, além do suprimento de água tratada, para consumo humano, da Sede municipal, suprir também as localidades de Betânia, Aurora, Cacimbinha e Velame.

Estas últimas, localizadas ao longo do caminhamento da tubulação adutora, entre o ponto de captação d'água - açude Jenipapeiro II - e a Sede do município Deputado Irapuan Pinheiro.

Na Figura 1.0 é apresentado um mapa do referido município com a sua localização no estado do Ceará.

A Figura 2.0 mostra o traçado da adutora e localização dos povoados beneficiados pela mesma.

Figura 1.0

Figura 2.0

3 - MANANCIAL

3 - MANANCIAL

A fonte de suprimento d'água é o reservatório público Jenipapeiro II, cuja barragem está localizada em boqueirão do riacho de mesmo nome, afluente do Riacho do Sangue, pertencente ao sistema de drenagem do rio Jaguaribe.

O local da barragem dista 16,0 km da sede do município, através de estrada vicinal.

O manancial aqui apontado se constitui naquele de maior expressão na área municipal em termos de volume e garantia de suprimento d'água, além de estar relativamente próximo das localidades a atender com água tratada. Sua vazão regularizada, com 90% de garantia, é de 120 l/s.

Ficha Técnica do Reservatório

Denominação da obra:	Açude Jenipapeiro II
Localização:	Deputado Irapuan Pinheiro-CE
Riacho Barrado:	Jenipapeiro
Área da bacia hidrográfica:	132 km ²
Capacidade:	17.000.000 m ³

Barragem

Tipo:	Terra Homogênea
Altura máxima:	18,00 m
Largura do Coroamento:	6,00 m
Extensão do Coroamento:	365,00 m
Taludes: Montante	2,5:1
Jusante	2,0:1

Sangradouro

Tipo:	Perfil Creager
Largura:	60,00 m
Vazão Máxima de Projeto Amortecida: (TR=10.000 anos)	330,00 m ³ /s (Dentro da revanche)
Lâmina máxima:	1,84 m

Tomada d'água

Tipo:	Galeria
Diâmetro:	300 mm
Vazão Regularizada:	120,00 l/s
Número de Conduitos:	01
Comprimento do Conduto:	62,00 m

4 - PROJETO PROPOSTO

4 - PROJETO PROPOSTO

4.1 - DELINEAMENTO GERAL DO PROJETO

Conforme definido no relatório “Estudos de Concepção do Sistema, vol. 2”, o sistema de abastecimento d’água do município de Irapuan Pinheiro, no concernente a captação, adução, tratamento e reservação d’água, de que trata o presente relatório, obedeceu ao delineamento geral descrito a seguir.

A captação é feita por bombas centrífugas a partir de base flutuante posicionada em ponto da bacia hidráulica do Açude Jenipapeiro II.

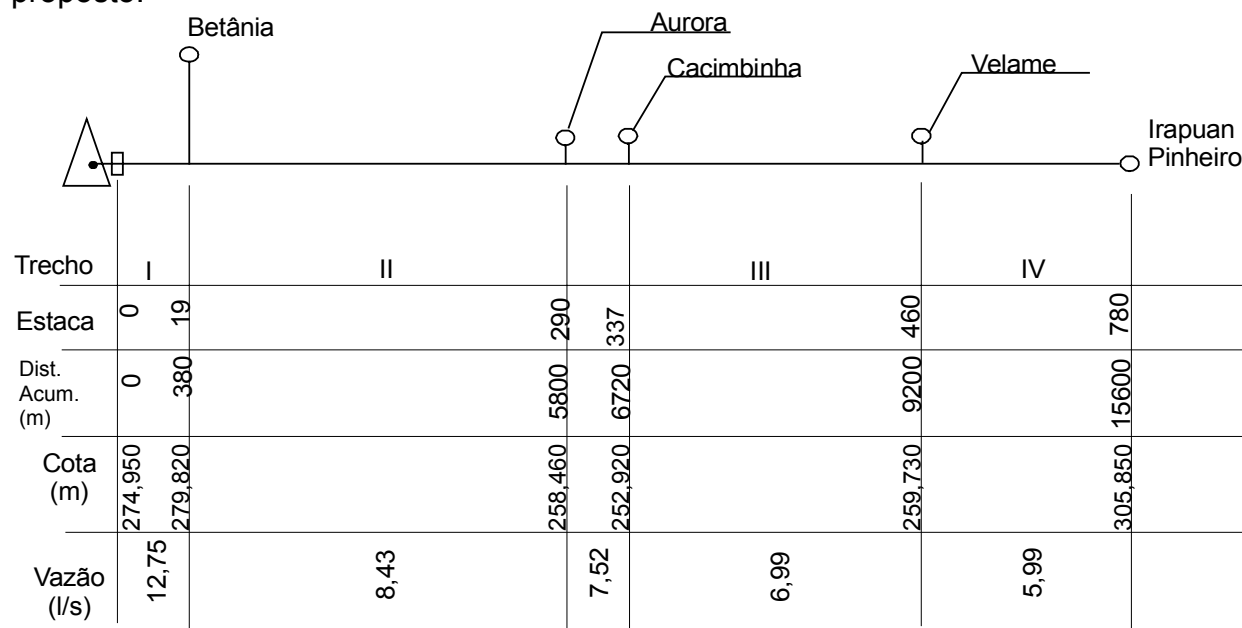
Haverá, inicialmente um recalque de água bruta da base flutuante à câmara de carga de uma ETA localizada na ombreira esquerda do maciço do reservatório (1º estágio do bombeamento).

Após o tratamento, a água será recalçada até os pontos de entrega: reservatórios das localidades de Betânia, Cacimbinha, Velame e cidade de Dep. Irapuan Pinheiro (2º estágio do bombeamento).

O sistema adutor compreende cinco trechos e quatro ramais mencionados a seguir:

- 1 – Trecho I - ETA à Estaca 19 (derivação para o RE da localidade de Betânia) L= 380 metros;
- 2 – Trecho II – Estaca 19 à Estaca 290 (derivação para o RE da localidade de Aurora) L=5.420,0m;
- 3 – Trecho III – Estaca 290 à Estaca 337 (derivação para o RE da localidade de Cacimbinha) L= 940,0m;
- 4 – Trecho IV – Estaca 337 à Estaca 460+10,0 (derivação para o RE da localidade de Velame) L=2.470,0m;
- 5 – Trecho V – Estaca 460+10 à Estaca 780 (fim da adutora no RA da cidade Dep. Irapuan Pinheiro) L=6.390,0m;
- 6 – Ramal I – Derivação para o RE da localidade de Betânia L=1.235,0m;
- 7 – Ramal II – Derivação para o RE da localidade de Aurora L=123,0m;
- 8 – Ramal III – Derivação para o RE da localidade de Cacimbinha L=49,0m;
- 9 – Ramal IV – Derivação para o RE da localidade de Velame L=122,0m.

O esquema da Figura 03 oferece uma visualização geral e sucinta do sistema proposto.



Notação:

	Açude Jenipapeiro II
	Base flutuante
	ETA/EEAT
	Reservatório/Localidade
	Adutora

O projeto que ora se apresenta tem como horizonte o ano de 2032, convencionando-se que 2003 será o ano inicial.

O dimensionamento dos elementos constituintes do sistema obedeceu a orientação seguinte:

- Equipamento de bombeamento: dimensionado para atender as solicitações do sistema no final de cada uma das três décadas compreendidas no período 2003 – 2032;
- Tubulação adutora, obras civis e equipamentos hidromecânicos: dimensionados e implantados na 1ª etapa para atender a demanda do horizonte do projeto (exceção das obras mencionadas em “d”);
- ETA: dimensionada e implantada na 1ª etapa para atender a demanda do horizonte do projeto;
- Estrutura de reservação complementar: Dimensionada para a atender a demanda do horizonte do projeto e executada na 2ª etapa.

4.2 - ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS DE ÁGUA

4.2.1 - Estação Elevatória de Água Bruta – EEAB (Captação)

O dispositivo de captação compreende:

a) Base flutuante

Composta de módulos interligados, de dimensões: 1,0 x 1,0 x 0,6, fabricados em resina poliéster, reforçada com fibra de vidro com injeção de espuma rígida de poliuretano na interface.

Encaixe: sistema Wedge Insert: travamento em três planos.

Proteção e acabamento de superfície externa: camada de Gel-coat do tipo isoftálico com NPG.

Dimensões da base: comprimento: 4,00 m

largura: 4,00 m

altura: 0,60 m

b) Equipamento de Bombeamento: composto por duas bombas centrífugas (uma de reserva), eixo horizontal, acionadas por motores elétricos trifásicos 60Hz, 4 pólos, 1.750 rpm; acoplamento: eixo a eixo, por meio de luva elástica.

Potência do motor:

1ª Etapa: 7,5 Cv

2ª e 3ª Etapas: 10 Cv

A base flutuante e as duas bombas nela instaladas compõem a Estação Elevatória de Água Bruta – EEAB.

c) Tubulação

Trecho 1	L = 173,0 m DE = 160 mm Material: PEAD
Trecho 2	L = 12,0 m DN = 150 mm Material: PVC

A tubulação do trecho 1, apoia-se sobre módulos flutuantes (dimensões: larg.: 0,25 m, comp.: 0,59 m, altura: 0,21 m), providos de meia cana para adaptação à tubulação; fabricados em PRFV.

Entre os trechos 1 e 2 há uma caixa de passagem, onde se dá a conexão tubo PEAD – tubo PVC, por meio do intercalamento de uma curva de 45° , FoFo com flange.

A tubulação do trecho 2, deverá ser enterrada em uma vala, com recobrimento de 1,0 m acima da geratriz superior do tubo, vez que, em parte, estará sob o leito da estrada de acesso à barragem.

Esta última tubulação será conectada à tubulação, em ferro dúctil, da câmara de carga da ETA.

4.2.2 - Estação Elevatória de Água Tratada – EEAT e EELF

A estação elevatória de água tratada a ser construída em conexão com um reservatório de 50m³, que lhe servirá de poço de sucção, abrigará quatro bombas, duas das quais (uma de reserva) alimentarão a tubulação adutora e duas outras (uma de reserva) recalcarão água para o reservatório elevado, o qual suprirá o escritório e ao processo de lavagem dos filtros. Ali estarão também instalados os equipamentos hidromecânicos de controle e proteção das bombas abrigadas naquele prédio e o equipamento elétrico de comando e proteção das mesmas.

Referido prédio dará abrigo, outrossim, ao equipamento elétrico de comando e proteção das bombas montadas sobre a base flutuante, o qual se interligará à mesma por meio de cabos elétricos que “correrão” em paralelo à tubulação PEAD, apoiados igualmente sobre os flutuadores que darão suporte àquela tubulação.

As bombas destinadas à alimentação d'água para a adutora têm por características gerais as seguintes:

Tipo: centrífuga, eixo horizontal, acoplada eixo a eixo a motor elétrico, trifásico, 60Hz, 4 pólos, 1.750 rpm.

A potência dos motores relacionada a vazão e altura manométrica exigidas das bombas em cada etapa do projeto é indicada a seguir:

ETAPA	POTÊNCIA (CV)	VAZÃO (m ³ /h)	ALT. MANOMÉTRICA (m)
1 ^a	12,5	32,51	55,0
2 ^a	15,0	39,56	58,0
3 ^a	20,0	45,90	63,0

As unidades de bombeamento destinadas ao recalque, de água tratada para o reservatório elevado da ETA deverão ter as características e desempenhos seguintes:

Bomba centrífuga, eixo horizontal, acoplada eixo a eixo, por meio de luva elástica a motor elétrico trifásico, 10 CV, 60Hz, 11 pólos, 3.500 rpm.

4.3 - SISTEMA ADUTOR

No Quadro 1.0 estão apresentadas as principais características do sistema adutor do segundo estágio de bombeamento.

4.4 - ESTAÇÃO DE TRATAMENTO D'ÁGUA

O processo de filtração adotado será o de fluxo ascendente que condiciona a aplicação de um coagulante à água bruta à entrada do filtro, devendo os produtos desinfectantes ser mais propriamente adicionados na fase pós filtração.

A ETA estará constituída dos componentes seguintes:

- uma câmara;
- dois filtros de fluxo ascendente, DN= 2,50 m;
- uma casa de química, que proverá o preparo e aplicação dos produtos químicos;
- uma reservatório apoiado de 50m³ para onde escoará a água após filtração e de onde será recalçada para a adutora, pela EEAT;
- duas bombas para lavagem dos filtros;
- um prédio para escritório;
- um reservatório elevado de 75 m³ para suprimento do escritório e armazenamento da água para lavagem dos filtros.

QUADRO 1.0

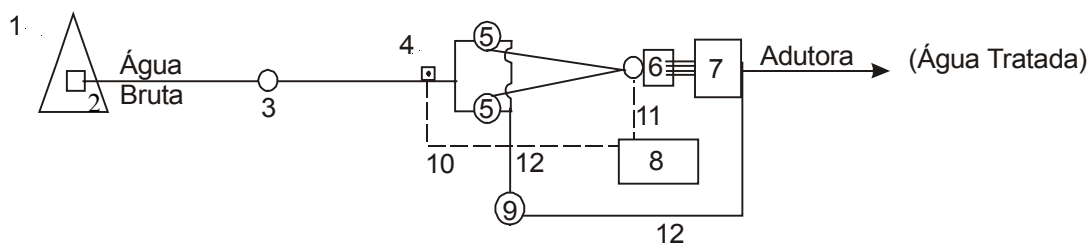
A ETA processará as vazões seguintes:

1ª Etapa	32,51 m³/h
2ª Etapa	39,56 m³/h
3ª Etapa	45,90 m³/h

O tratamento d'água obedecerá ao fluxograma seguinte:



A interligação entre a EEAB e os componentes da ETA e EEAT é mostrada esquematicamente a seguir:



- 1 – Açude Jenipapeiro II
- 2 – EEAB (Flutuante)
- 3 – Câmara de Carga
- 4 – Misturador
- 5 – Filtro de Fluxo Ascendente
- 6 – Poço de Sucção
- 7 – EEAT
- 8 – Casa de Química e Escritório
- 9 – Reservatório Elevado da ETA
- 10 – Tubulação para Adição de Coagulante
- 11 - Tubulação para Adição de Cloro
- 12 – Interligação entre EEAT e Filtros

4.5 - RESERVAÇÃO

Nas localidades de Betânia, Aurora, Cacimbinha e Velame a água será acondicionada em reservatórios existentes, com capacidade de 50, 20, 15 e 22m³, respectivamente, enquanto que na cidade de Deputado Irapuan Pinheiro a reservação far-se-á em um reservatório apoiado existente de 100m³, localizado dentro do perímetro urbano, com cota suficiente para suprir adequadamente a rede de distribuição da cidade.

Citados reservatórios têm capacidade para atender a oferta d'água projetada até o ano de 2012. A partir desse ano a estrutura de reservação deverá ser ampliada, conforme indicado a seguir:

Localidade	Tipo de Raserv.	Vol. (m³)	Execução
Dep. Irapuan Pinheiro	Apoiado	50	2ª Etapa
Betânia	Apoiado	50	2ª Etapa
Aurora	Elevado	3	2ª Etapa
Cacimbinha	Elevado	3	2ª Etapa
Velame	Elevado	3	2ª Etapa

Um reservatório apoiado será construído junto à ETA projetada, o qual acumulará o volume d'água de 50m³, que permitirá o funcionamento do equipamento de bombeamento de água tratada durante uma hora, sem realimentação desse reservatório. Um outro reservatório, neste caso elevado, de 75 m³, também será construído, cujo volume será suficiente para a lavagem dos filtros e abastecimento da Casa de química e escritório.

5 - MEMORIAL DE CÁLCULO

5 - MEMORIAL DE CÁLCULO

5.1 - ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA BRUTA - EEAB

5.1.1 - Dimensionamento dos Conjuntos motobombas

5.1.1.1 - 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 PEAD foi de 0,06.

O diâmetro nominal da tubulação de recalque será de 160mm, 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 2.0 apresenta os respectivos valores de h_l e h_d, na sucção e barrilete em função das vazões requeridas nas três etapas do projeto.

QUADRO 2.0 - Perdas de Carga distribuídas e localizadas da EEAB – ETA

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	150	9,03	0,51	0,10	10,99	0,62	0,10	12,75	0,72	0,10
Toco L=0,80m		150	9,03	0,51	0,10	10,99	0,62	0,10	12,75	0,72	0,10
Curvas de 90°	0,40	150	9,03	0,51	0,10	10,99	0,62	0,10	12,75	0,72	0,10
Redução excêntrica	0,15	150x65	9,03	2,73	0,10	10,99	3,31	0,10	12,75	3,84	0,20
Total na sucção					0,40			0,40			0,50
Redução normal	0,30	100x50	9,03	4,61	0,40	10,99	5,6	0,50	12,75	6,49	0,70
Curvas de 90°	0,40	100	9,03	1,15	0,10	10,99	1,40	0,10	12,75	1,62	0,10
Junta de desmorte		100	9,03	1,15	0,10	10,99	1,40	0,10	12,75	1,62	0,10
Curvas de 90°	0,40	100	9,03	1,15	0,10	10,99	1,40	0,10	12,75	1,62	0,10
Toco L=0,55m		100	9,03	1,15	0,10	10,99	1,40	0,10	12,75	1,62	0,10
Curvas de 90°	0,40	100	9,03	1,15	0,10	10,99	1,40	0,10	12,75	1,62	0,10
Válvula de retenção	2,50	100	9,03	1,15	0,20	10,99	1,40	0,30	12,75	1,62	0,40
Registro de gaveta	0,20	100	9,03	1,15	0,10	10,99	1,40	0,10	12,75	1,62	0,10
Toco L=1,20m		100	9,03	1,15	0,10	10,99	1,40	0,10	12,75	1,62	0,10
Curva de 90°	0,40	100	9,03	1,15	0,10	10,99	1,40	0,10	12,75	1,62	0,10
Toco L=050m		100	9,03	1,15	0,10	10,99	1,40	0,10	12,75	1,62	0,10
Curva de 90°	0,40	100	9,03	1,15	0,10	10,99	1,40	0,10	12,75	1,62	0,10
Curva de 45°	0,20	100	9,03	1,15	0,10	10,99	1,40	0,10	12,75	1,62	0,10
Ampliação	0,15	100x160	9,03	1,15	0,10	10,99	1,40	0,10	12,75	1,62	0,10
Tubulação L=196m		160	9,03	0,68	0,50	10,99	0,83	0,70	12,75	0,96	1,00
Total no barrilete e tubulação de recalque					2,30			2,70			3,30

c) Desnível geométrico (D_g)

- Nível mínimo do plano d'água no açude (NA mínimo).....256,82
- Nível máximo do plano d'água no açude (NA máximo).....263,82
- Cota do terreno natural na ETA (TN.ETA).....276,00
- Altura da câmara de carga (H.cc)..... 7,00m

$$D_g = (276,0 + 7,00) - 256,82 = 26,18$$

d) Determinação da AMT

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

$$AMT = [(h_l) + (h_d) + (D_g)] \times 1.04$$

$$AMT = h_d + h_e + h_f + D_g$$

h_f = perda de carga na tubulação adutora (trecho tubos PEAD)

5.1.1.2 - Potência dos Motores

A potência dos conjuntos motobomba foi calculada pela seguinte fórmula:

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

Onde:

P = Potência (CV);

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

Q = Vazão máxima diária (m³/s);

H = Altura manométrica total (m);

n = Rendimento da bomba (%);

f = fator de potência.

O Quatro 3.0 apresenta o dimensionamento dos conjuntos motobomba para cada etapa do projeto, assim como suas características operacionais.

5.1.1.3 - Curva da bomba x curva do sistema

- 1ª Etapa

- Curva da Bomba (Q x H)

H (m)	Q (m ³ /h)
33,5	10,00
33,0	20,00
32,0	30,00
31,3	32,50
29,7	40,00
26,0	50,00
20,0	60,00

QUADRO 3.0

- Determinação da Curva do Sistema

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

Característica do sistema

$$k = \frac{30,87 - 26,42}{(32,50)^2} \therefore k = 0,004213$$

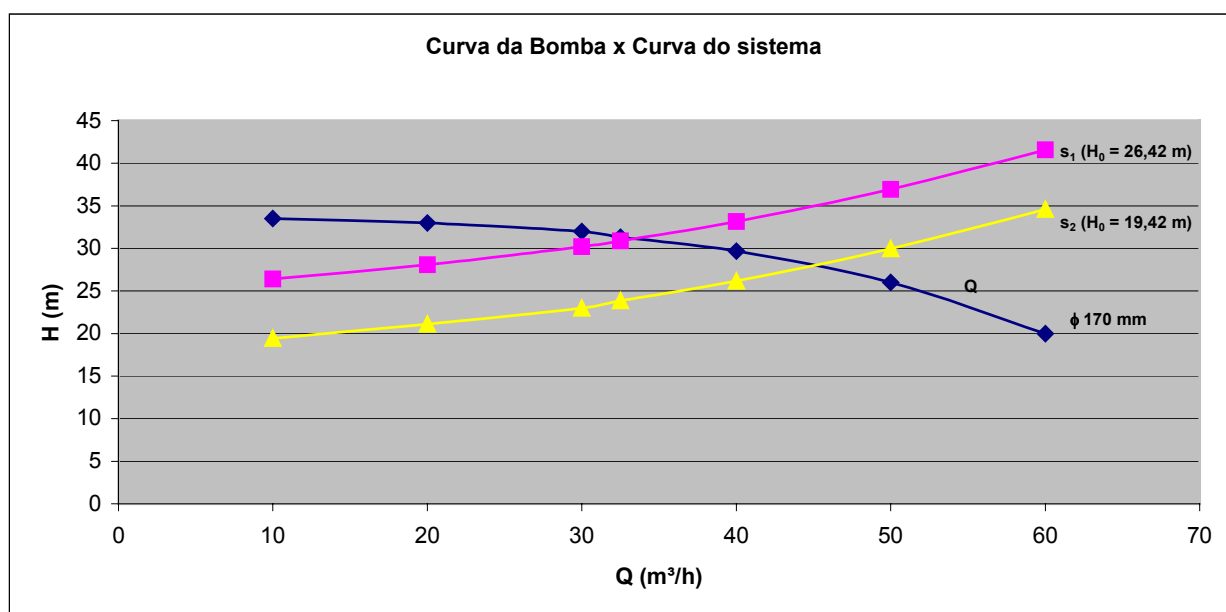
$$\begin{aligned}
 H_{man} &= 30,87m \\
 H_0 &= 26,42m \\
 Q &= 32,50m^3 / s
 \end{aligned}$$

* p/ H₀ = 26,42 m

Q (m ³ /h)	H ₀ (m)	K (h/m ²)	KQ ² (m)	H _{man} (m)
10	26,42	0,004213		26,42
20				28,10
30				30,21
32,50				30,87
40				33,16
50				36,95
60				41,58

* p/ H₀ = 19,42 m (NA máximo)

Q (m ³ /h)	H ₀ (m)	K (h/m ²)	KQ ² (m)	H _{man} (m)
10	19,42	0,004213		19,42
20				21,10
30				22,99
32,50				23,87
40				26,16
50				29,95
60				34,58



- 2ª Etapa

- Curva da Bomba (Q x H)

H (m)	Q (m³/s)
37,5	10,00
37,0	20,00
35,5	30,00
33,2	39,56
33,0	40,00
29,5	50,00
24,0	60,00

- Determinação da Curva do Sistema

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

Característica do sistema

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

$$k = \frac{32,0 - 26,42}{(39,56)^2} \therefore k = 0,0035655$$

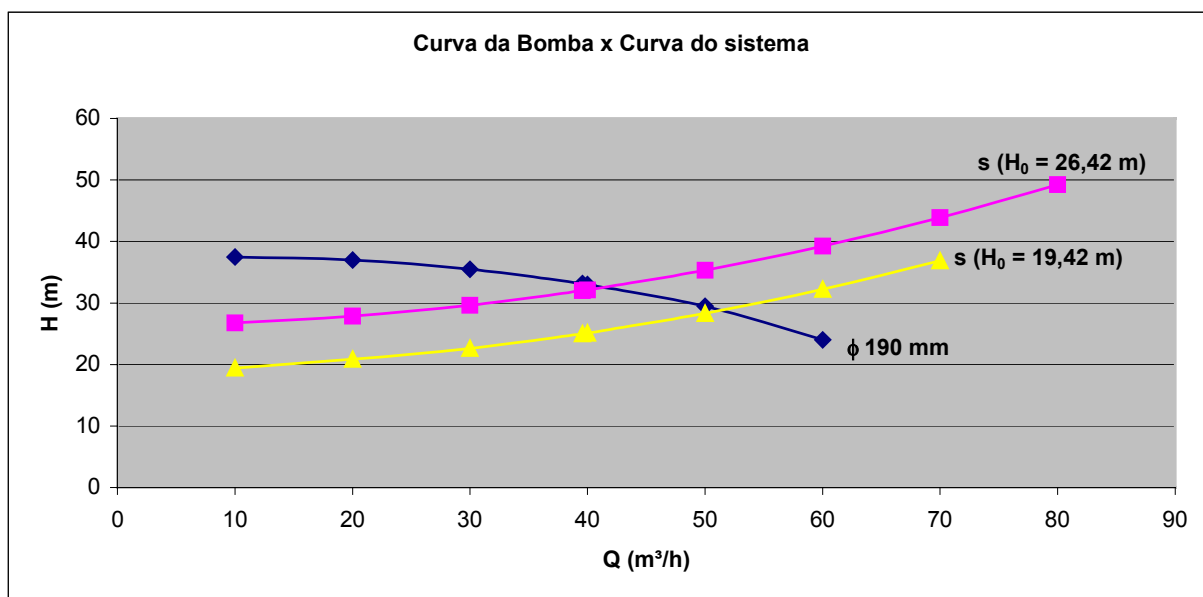
$H_{man} = 32,0m$
$H_0 = 26,42m$
$Q = 39,56m^3 / s$

* Curva do Sistema p/ $H_0 = 26,42$ m (NA mínimo)

Q (m³/h)	H ₀ (m)	K (h/m²)	KQ² (m)	H _{man} (m)
10	26,42	0,0035655		26,78
20				27,85
30				29,63
39,56				32,00
40				32,12
50				35,33
60				39,25
70				43,89
80				49,24

* p/ $H_0 = 19,42$ m (NA máximo)

Q (m³/h)	H ₀ (m)	K (h/m²)	KQ² (m)	H _{man} (m)
10	26,42	0,003655		19,42
20				20,85
30				22,63
39,56				25,00
40				25,12
50				28,33
60				32,25
70				36,89



- 3ª Etapa

- Curva da Bomba (Q x H)

H (m)	Q (m³/h)
41,1	10,00
40,2	20,00
39,0	30,00
37,0	40,0
35,0	45,90
33,5	50,00
29,0	60,00
22,0	70,00

- Determinação da Curva do Sistema

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

Característica do sistema

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

$$k = \frac{32,0 - 26,42}{(45,9)^2} \therefore k = 0,0026486$$

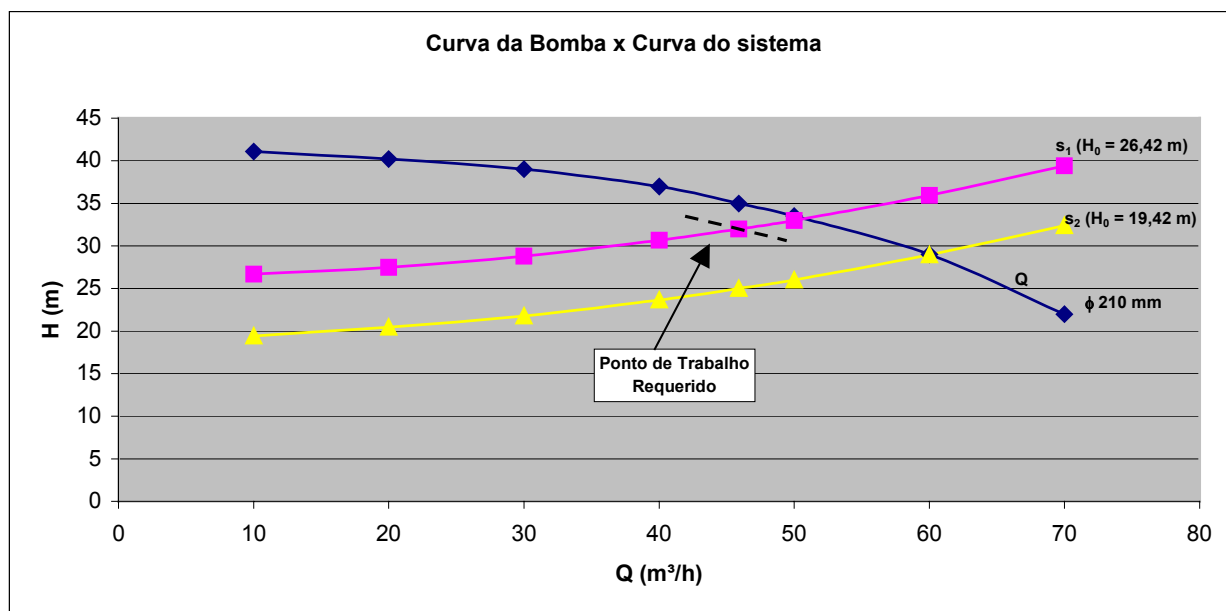
$H_{man} = 32,0m$ $H_0 = 26,42m$ $Q = 45,90m^3 / s$

* Curva do Sistema $p/H_0 = 26,42$ m (NA mínimo)

Q (m ³ /h)	H ₀ (m)	K (h/m ²)	KQ ² (m)	Hman (m)
10	26,42	0,0026486		26,68
20			27,48	
30			28,80	
40			30,66	
45,90			32,00	
50			33,04	
60			35,95	
70			39,40	

* $p/H_0 = 19,42$ m (NA máximo)

Q (m ³ /h)	H ₀ (m)	K (h/m ²)	KQ ² (m)	Hman (m)
10	26,42	0,0026486		19,42
20			20,48	
30			21,80	
40			23,66	
45,9			25,00	
50			26,00	
60			28,95	
70			32,40	



5.1.1.4 - Cavitação

Para evitar a ocorrência do fenômeno da cavitação é necessário que se verifiquem as condições seguintes:

a) Condição I

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

b) Condição II

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

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

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

Conforme o Quadro 3.0:

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

$$\text{NPSH(d) da 2ª ETAPA} = 8,12 \text{ m}$$

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

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
 $8,12 > 2,50 + 0,50 = 3,00$
 $8,12 > 2,50 \times 1,20 = 3,00$
- 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.

5.2 - ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA – EEAT

5.2.1 - Dimensionamento dos conjuntos motobombas

5.2.1.1 - 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.

Nos Quadros 4.0 a 6.0 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 4.0

QUADRO 5.0

QUADRO 6.0

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 7.0 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 7.0 - Perdas de Carga Localizadas na EEAT

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)
Crivo	0,75	100	9,03	1,15	0,10	10,99	1,40	0,10	12,75	1,62	0,20
Toco L=0,70m		100	9,03	1,15	0,10	10,99	1,40	0,10	12,75	1,62	0,10
Registro de gaveta	0,20	100	9,03	1,15	0,10	10,99	1,40	0,10	12,75	1,62	0,10
Redução excêntrica	0,15	100x65	9,03	2,73	0,10	10,99	3,31	0,10	12,75	3,84	0,20
Total na sucção					0,40			0,40			0,60
Redução normal	0,30	100x50	9,03	4,61	0,40	10,99	5,6	0,50	12,75	6,49	0,70
Curvas de 90°	0,40	100	9,03	1,15	0,10	10,99	1,40	0,10	12,75	1,62	0,10
Junta de desmonte		100	9,03	1,15	0,10	10,99	1,40	0,10	12,75	1,62	0,10
Curvas de 90°	0,40	100	9,03	1,15	0,10	10,99	1,40	0,10	12,75	1,62	0,10
Toco L=0,55m		100	9,03	1,15	0,10	10,99	1,40	0,10	12,75	1,62	0,10
Curvas de 90°	0,40	100	9,03	1,15	0,10	10,99	1,40	0,10	12,75	1,62	0,10
Válvula de retenção	2,50	100	9,03	1,15	0,20	10,99	1,40	0,30	12,75	1,62	0,40
Registro de gaveta	0,20	100	9,03	1,15	0,10	10,99	1,40	0,10	12,75	1,62	0,10
Toco L=1,20m		100	9,03	1,15	0,10	10,99	1,40	0,10	12,75	1,62	0,10
Curva de 90°	0,40	100	9,03	1,15	0,10	10,99	1,40	0,10	12,75	1,62	0,10
Toco L=1,50m		100	9,03	1,15	0,10	10,99	1,40	0,10	12,75	1,62	0,10
Válvula volumétrica	5,00	100	9,03	1,15	0,40	10,99	1,40	0,50	12,75	1,62	0,70
Registro de gaveta	0,20	100	9,03	1,15	0,10	10,99	1,40	0,10	12,75	1,62	0,10
Toco L=6,50m		100	9,03	1,15	0,20	10,99	1,40	0,20	12,75	1,62	0,20
Ampliação	0,15	100x150	9,03	1,15	0,10	10,99	1,40	0,10	12,75	1,62	0,10
Total no barrilete					2,30			2,60			3,10

c) Determinação da AMT

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

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

$$h_{fa} = \text{perda na adutora}$$

5.2.1.2 - Potência dos Motores

As potências dos motores foram determinadas pela fórmula de cálculo de potência apresentada anteriormente.

O Quatro 8.0 apresenta o dimensionamento dos conjuntos moto-bomba para cada etapa do projeto, assim como suas características operacionais.

5.2.1.3 - Curva da bomba x curva do sistema

- 1ª Etapa

- Curva da Bomba (Q x H)

H (m)	Q (m³/h)
62	20
60	25
57	30
55	32,5
53	35
49	40
44	45
39	51

- Determinação da Curva do Sistema
- Característica do Sistema

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

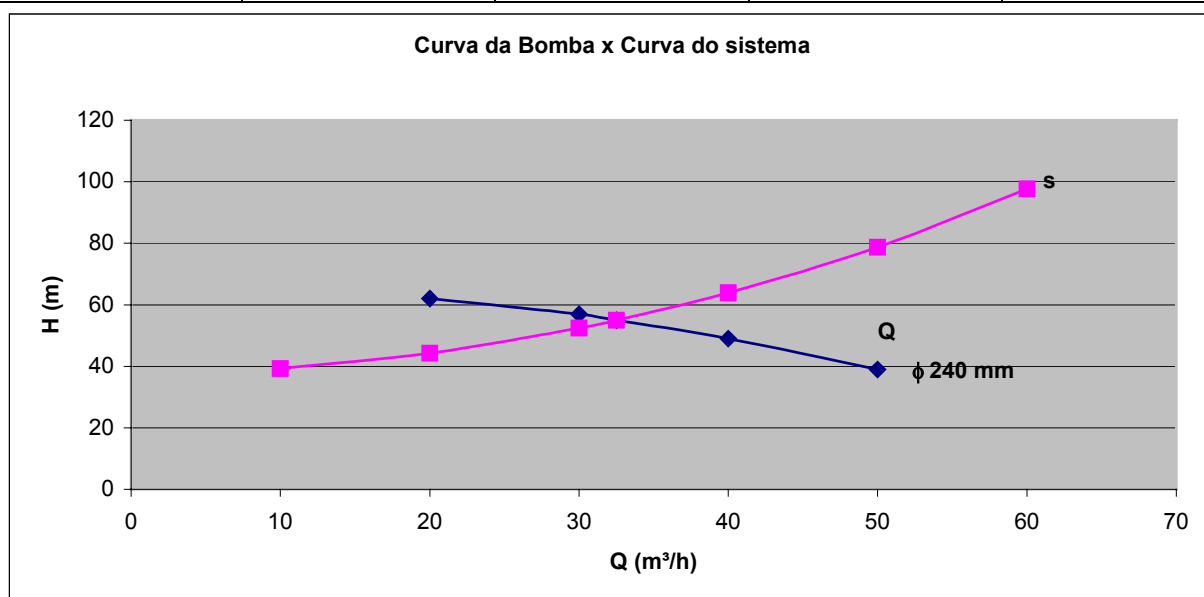
$$k = \frac{55,0 - 37,678}{(32,5)^2} \therefore k = 0,0163995$$

$$H_{man} = 55,0m$$

$$H_0 = 37,678m$$

$$Q = 32,50m^3 / s$$

Q (m³/h)	H ₀ (m)	K (h/m²)	KQ² (m)	H _{man} (m)
10	37,678	0,0163995		39,32
20				44,23
30				52,44
32,50				55,00
40				63,91
50				78,67
60				97,71



QUADRO 8.0

- 2ª Etapa

- Curva da Bomba (Q x H)

H (m)	Q (m³/h)
63	10
62,6	20
61	30
58,8	39,56
58,7	40
55	50
49,3	60

- Determinação da Curva do Sistema

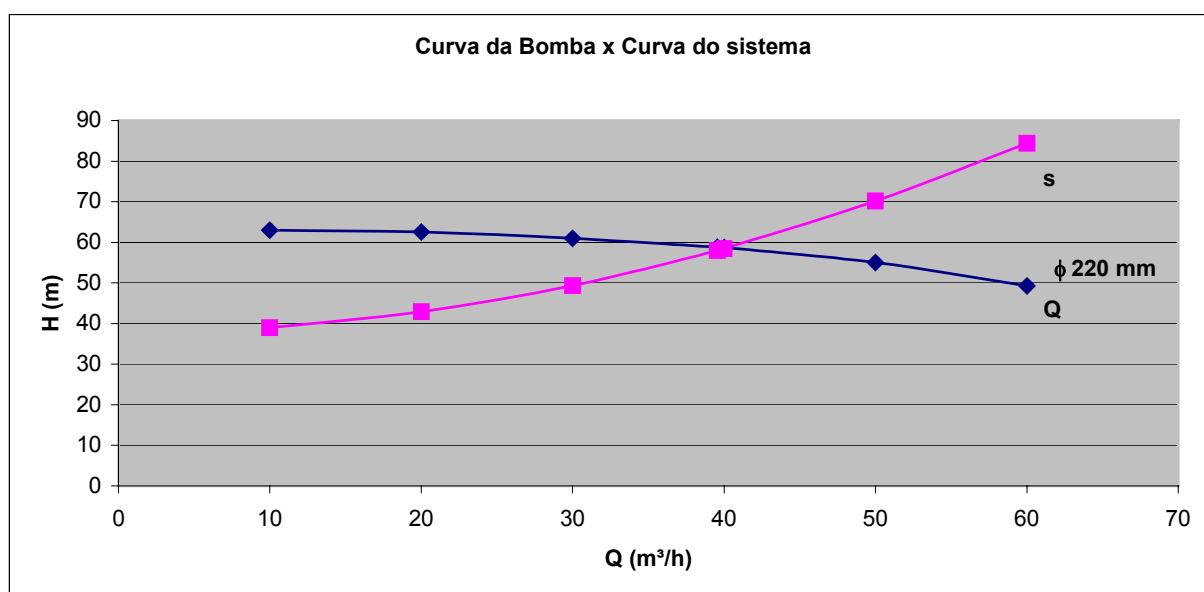
Característica do Sistema

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

$$k = \frac{58,0 - 37,678}{(39,56)^2} \therefore k = 0,0129854$$

$H_{man} = 58,0m$
 $H_0 = 37,678m$
 $Q = 39,56m^3 / s$

Q (m³/h)	H ₀ (m)	K (h/m²)	KQ² (m)	H _{man} (m)
10	37,678	0,0129854		38,97
20				42,87
30				49,36
39,56				58,00
40				58,45
50				70,14
60				84,42
70				101,31



- 3ª Etapa

- Curva da Bomba (Q x H)

H (m)	Q (m³/h)
67,8	10
67,0	20
66,0	30
64,0	40
63,0	45,90
61,0	50
56,0	60

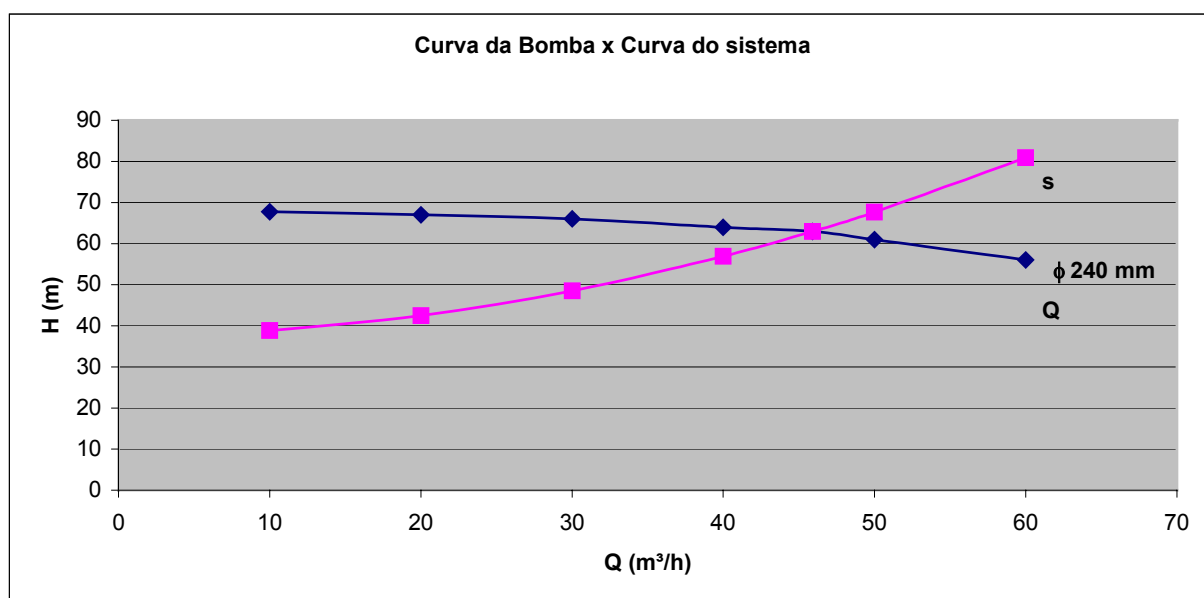
- Determinação da Curva do Sistema

Característica do Sistema

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

$$k = \frac{63,0 - 37,678}{(45,9)^2} \therefore k = 0,0120191$$

Q (m³/h)	H ₀ (m)	K (h/m²)	KQ² (m)	H _{man} (m)
10	37,678	0,0120191		38,88
20			42,4/8	
30			48,49	
40			56,91	
45,9			63,00	
50			67,72	
60			80,95	



5.2.1.4 - Cavitação

Para um bom funcionamento do sistema de recalque é necessário que, para a vazão bombeada, verifique-se as seguintes condições:

a) Condição I

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

b) Condição II

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

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

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

Conforme o Quadro 8.0:

$$\text{NPSH(d) da 1ª ETAPA} = 8,92 \text{ m}$$

$$\text{NPSH(d) da 2ª ETAPA} = 8,92 \text{ m}$$

$$\text{NPSH(d) da 3ª ETAPA} = 8,82 \text{ m}$$

Logo temos:

- Verificação quanto as condições operacionais da 1ª ETAPA

$$8,92 > 1,80 + 0,50 = 2,30$$

$$8,92 > 1,80 \times 1,20 = 2,16$$

- Verificação quanto as condições operacionais da 2ª ETAPA

$$8,92 > 2,00 + 0,50 = 2,50$$

$$8,92 > 2,00 \times 1,20 = 2,40$$

- Verificação quanto as condições operacionais da 3ª ETAPA

$$8,82 > 2,30 + 0,50 = 2,80$$

$$8,82 > 2,30 \times 1,20 = 2,76$$

Conclui-se portanto que todas as condições foram atendidas:

5.3 - ADUÇÃO

5.3.1 - Definição dos diâmetros

O diâmetro do sistema adutor foi definido no estudo de concepção do projeto, realizado na fase anterior à do presente relatório.

5.3.2 - Blocos de ancoragem

Procedeu-se ao cálculo da ancoragem da adutora considerando:

a) o valor do empuxo dado por:

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

onde: E = Empuxo, Kg;
 S = Seção da canalização em cm²;
 P = Pressão interna em m.c.a.;
 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;

No Quadro 9.0 são apresentadas as dimensões dos blocos de ancoragem para cada conexão da adutora.

QUADRO 9.0 – Dimensões dos Blocos de Ancoragens

CONEXÃO	ÂNG.	DN (mm)	PRESSÃO (mca)	EMPUXO (kg)	σ _{adm} (kg/cm ²)	Área (cm ²)	A (cm)	B (cm)	C (cm)	VOLUME (m ³)		
										Unitário	Quant.	Total
CURVA	90	150	100	2.499	0,5	4.998	50	100	40	0,200	3	0,600
CURVA	45	150	100	1.352	0,5	2.705	50	54	40	0,108	7	0,756
CURVA	22	150	100	674	0,5	1.349	50	27	40	0,054	49	2,646
CURVA	11	150	100	339	0,5	677	50	14	40	0,028	26	0,728
CURVA	90	75	60	375	0,5	750	28	27	30	0,022	3	0,067
CURVA	45	75	60	203	0,5	406	28	20	30	0,017	2	0,033
CURVA	22	75	60	101	0,5	202	28	20	30	0,017	2	0,033
TÊ	90	150x75	100	442	0,5	884	50	18	30	0,027	1	0,027
TÊ	90	150x50	100	65	0,5	131	50	15	30	0,023	3	0,068
TOTAL												4,957

5.3.3 - Movimento de Terra

A tubulação adutora será assentada numa vala de dimensões médias – profundidade de 1,0 m e largura de 0,60 m – sobre camada de 0,10 m de areia fina.

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

Categoria	Volume (m3)	%
1ª	1.647,00	20
2ª	5.765,00	70
3ª	824,00	10

5.3.4 - Avaliação do Transiente Hidráulico e Equipamento de Proteção

5.3.4.1 - Avaliação de Transientes Hidráulicos

Na avaliação do transiente hidráulico consideram-se os dois estágios de bombeamento, quanto à ocorrência do fenômeno na 3ª etapa do projeto, e para a situação correspondente ao golpe de aríete máximo, ocasião e condições nas quais estão presentes as pressões de maior magnitude.

Tem-se pois,

1º estágio: trecho: flutuante→ETA

$$L = 186 \text{ m}$$

$$DE = 160 \text{ mm}$$

$$DI = 136,2 \text{ mm}$$

$$e = 11,9 \text{ mm}$$

$$Q = 0,01275 \text{ m}^3/\text{s}$$

Material: PEAD, PN 8: 174 m;

$$\text{FoFo: } L = 12 \text{ m}$$

- Método de Análise: Kinno-Kennedy

Amortecimento do golpe de ariete pelo momento de inércia das massas girantes.

Então,

- a) Celeridade da onda (a)

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + k \left(\frac{D}{c} \right)}}$$

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + 18 \left(\frac{0,1564}{0,0068} \right)}}$$

$$a = 461,0 \text{ m/s}$$

$$k = 18(PEAD)$$

- b) Constante da linha (ρ)

$$\rho = \frac{aV}{2gHman}$$

$$\rho = \frac{0,87.461}{2 \times 9,81 \times 32}$$

$$\rho = 0,64$$

$$V = 0,87 \text{ m/s}$$

- c) Momento de Inércia das Massas Girantes (Wr^2)

$$Wr^2 = 0,00138 \rho 1,4. f 0,95$$

$$\rho = \text{potência em kw}$$

$$Wr^2 = 0,00138 (10 \times 0,735) 1,4. 40,95$$

$$f = \text{número de polos do motor}$$

$$Wr^2 = 0,084$$

- d) Constante da bomba (k_1)

$$k_1 = 896.000 \frac{H.Q}{Wr^2 Efn^2}$$

$$k_1 = 896.000 \frac{32 \times 0,01275}{0,084 \cdot 0,70 (1750)^2}$$

$$Ef = 70\%$$

$$n = 1750 \text{ rpm}$$

$$k_1 = 2,03$$

e) Determinação de τ

$$\tau = \frac{1}{k_1 \frac{2L}{a}}$$

$$\tau = \frac{1}{2,03 \frac{2 \times 186}{461}}$$

$$\tau = 0,61$$

f) Fator de perda de carga (H_f)

$$H_f = \frac{hf}{H_{man}}$$

$$H_f = \frac{23}{32}$$

$$H_f = 0,07$$

$$hf = 2,3m$$

$$H_{man} = 32,0m$$

g) Pressão mínima para $\left\{ \begin{array}{l} \rho = 0,64 \\ \tau = 0,61 \\ H_f = 0,07 \end{array} \right.$

g.1) Junto à bomba (P_{minb}): $hd = 0,23$

$$P_{minb} = hd \times H_{man}$$

$$P_{minb} = 0,23 \times 32$$

$$P_{minb} = 7,36m$$

g.2) No meio da tubulação (P_{mina}): $hd = 0,35$

$$P_{mina} = hd \times H_{man}$$

$$P_{mina} = 0,35 \times 32$$

$$P_{mina} = 11,20 m$$

h) Pressão máxima para $\left\{ \begin{array}{l} \rho = 0,64 \\ \tau = 0,61 \\ H_f = 0,07 \end{array} \right.$

h.1) Junto à bomba (P_{manb}): $hr = 1,47$

$$P_{manb} = hr \times H_{man}$$

$$P_{manb} = 1,47 \times 32$$

$$P_{manb} = 47,04m$$

h.2) No meio da tubulação (P_{mana}): $hmr = 1,29$

$$P_{mana} = hmr \times H_{man}$$

$$P_{mana} = 1,29 \times 32$$

$$P_{mana} = 41,28 m$$

1/2 - XEROX DO GRÁFICO

2/2 - XEROX DO GRÁFICO

Conclusão: segundo o método de análise utilizado, que considera a amortilização dos efeitos do transiente hidráulico sem dispositivos de proteção ao sistema, no golpe de aríete máximo, a pressão mínima junto à bomba, está a 28,7% abaixo da pressão atmosférica ao nível do mar; não obstante tal constatação, o sistema poderá funcionar sem mencionados dispositivos levando em conta a alta resistência e flexibilidade da tubulação empregada.

2º estágio: trecho: ETA/EEAT→Cidade de Irapuan Pinheiro

$$L = 15600 \text{ m}$$

a) Celeridade da onda (a)

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + k \left(\frac{D}{e} \right)}}$$

$$K = 18 (PVC)$$

$$D = 156,4 \text{ mm}$$

$$e = 6,8 \text{ mm}$$

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + 18 \left(\frac{0,1564}{0,0068} \right)}}$$

$$a = 460,0 \text{ m/s}$$

- Subpressão

$$h = -\frac{a}{g \cdot s} (Q_0 - Q)$$

$$h = -\frac{460}{9,81 \times 0,0192} \times 0,00723$$

$$Q_0 = 7,23$$

$$h = 17,65 \text{ m}$$

- Subrepressão

$$h = \frac{av}{g}$$

$$h = \frac{460 \times 0,38}{9,81}$$

$$h = 17,82 \text{ m}$$

- Ponto até onde se estendem os efeitos do golpe de aríete máximo (considerando tempo de fechamento da válvula de retenção em 10s).

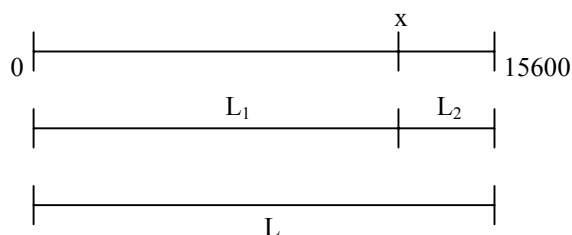
$$L_2 = \frac{at}{2}$$

$$L_2 = \frac{460 \times 10}{2}$$

$$L_2 = 2300m$$

$$\therefore L_1 = 13,300m$$

$$X = \text{Est. 665}$$



5.3.4.2 - Equipamento de Proteção

No trecho: ETA/EEAT à cidade de Irapuan Pinheiro, afora as ventosas localizadas nos pontos de cotas elevadas ao longo do traçado da adutora, está prevista a instalação de uma válvula antecipadora de golpe junto às instalações de bombeamento de água tratada na ETA, para evitar a subpressão no trecho compreendido entre as estacas 542 e 737 (ver gráfico a seguir).

5.3.5 - Localização das Obras Cívís

As obras previstas são as que se listam no Quadro abaixo, com respectiva localização.

OBRA	LOCAL
Captação	Barragem Jenipapeiro II
ETA/Estação de bombeamento	Barragem Jenipapeiro II
Caixas de registros e ventosas	Ao longo da adutora
Bloco de ancoragem	Deflexões
Travessia de rios	Jenipapeiro e do Sangue

5.4 - ESTAÇÃO DE TRATAMENTO D'ÁGUA – ETA

5.4.1 - 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), dois filtros de corrente ascendente, também conhecidos por clarificadores de contato 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 17/09/2001 do açude Jenipapeiro II, a qual está apresentada no Quadro 10.0 e no Anexo deste relatório.

QUADRO 10.0 – CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO AÇUDE JENIPAPEIRO II

Parâmetros	Índice	
	Amostra	Limite
Turbidez	2,98 UT	5
Cor	25,0 uH	15
Odor	inodoro	inodoro
pH	7,22	6,8 - 7,5
Alcalinidade Hidróxidos	0	
Alcalinidade Carbonatos	0	
Alcalinidade Bicarbonatos	92,0 mg CaCO ³ /L	
Dureza	86,0 mg CaCO ³ /L	500
Cálcio	16,8 mg Ca/L	
Magnésio	10,5 mg Mg/L	150
Condutividade	308,0 mS/cm	750
Cloretos	36,0 mg Cl-/L	250
Cloro residual	Ausência	0,5
Sulfatos	4,72 mg SO ₄ =4/L	250
Ferro	0,18 mg Fe/L	0,10
O ₂ consumido	13,75 mg O ₂ /L	1,5
Sódio	21,7 mg Na/L	
Potássio	16,6 mg K/L	
Nitritos	0,31 mg N-NO-2/L	0
Nitratos	1,94 mg N-NO-3/L	45
Amônia	0,64 mg N-NH-3/L	0
Sólidos Totais	160,0 mg STD/L	500

FONTE: CAGECE - Companhia de Água e Esgoto do Ceará

De acordo com esta análise pode-se dizer que a água do referido açude é utilizável, desde que submetida a tratamento adequado, tendo em vista alguns elementos excederem os limites toleráveis, que são: nitrito, amônia e oxigênio consumido. Os altos teores desses elementos, caracterizam uma alta atividade microbiológica na decomposição de matéria orgânica, possivelmente de restos vegetais remanescentes do desmatamento na bacia hidráulica por ocasião da construção da barragem.

No entanto com um processo de tratamento a 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.

5.4.2 - Dimensionamento dos Filtros

5.4.2.1 - Parâmetros Adotados

- Q (1ª Etapa).....9,03 l/s; 0,00903 m³/s
- Q (2ª Etapa)10,99 l/s; 0,01099 m³/s
- Q (3ª Etapa)12,75 l/s; 0,01275 m³/s
- Tempo Máximo Diário de Operação da ETA (td).....20 horas
- Taxa de Filtração Máxima Diário (Tf).....120 m³/m² x dia

5.4.2.2 - Área Filtrante Total(Aft)

$$A_{ft} = \frac{Q}{T_f} = \frac{0,01275 \times 72000}{120} = 7,65 \text{ m}^2 \text{ (3ª Etapa)}$$

$$= \frac{0,01099 \times 72000}{120} = 6,59 \text{ m}^2 \text{ (2ª Etapa)}$$

$$= \frac{0,00903 \times 72000}{120} = 5,42 \text{ m}^2 \text{ (1ª Etapa)}$$

5.4.2.3 - Número de Unidades (N)

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

$$c = \frac{72000 \times 7,65}{1.000.000} = 0,55 \text{ milhões de l/dia (3ª Etapa)}$$

$$N = 1,4 \sqrt{0,55} = 1,04 \text{ (3ª Etapa)}$$

Adotaram-se 2 filtros.

5.4.2.4 - Área de Cada Filtro (Af)

$$A_f = \frac{A_{ft}}{N} = \frac{7,65}{2} = 3,83 \text{ m}^2 \text{ (3ª Etapa)}$$

5.4.2.5 - Diâmetro de cada Filtro (Df)

$$D_f = \sqrt{(4 * A_f)/\pi} = 2,21\text{m}$$

Adotou-se o diâmetro de 2,50m, resultando numa área filtrante de 4,91m²(A_{fa}); por filtro, menor que a área filtrante total do volume demandado da 1ª etapa. Portanto a utilização dos 2 (dois) filtros já será necessária nessa etapa.

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

$$T_f(3^\text{ª Etapa}) = ((Q/1000) * T_d * 3600) / (A_{fa} * N) = 93.51 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{dia}$$

5.4.2.7 - Volume do reservatório apoiado (VRA)

$$VRA = Q(3^\text{ª Etapa} - l/s) * 3,6 = 45,9 \text{ m}^3$$

Adotou-se o volume de 50,0m³

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

5.4.3.1 - 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:

$$q = \frac{0,80 \times 4,91}{60} = 0,065 \text{ m}^3/\text{s}$$

Adotou-se q = 65 l/s.

5.4.3.2 - Volume de lavagem (VI)

$$V_I = q \times T$$

onde:

T - tempo de lavagem (s)

Sabe-se que:

$T \geq 15$ min (NBR 12.216), então:

$$V = 0,065 \times 15 \times 60 = 58,5 \text{ m}^3.$$

5.4.3.3 - Volume RE para lavagem (VRE)

Percentual extra do RE=25%

$$VRE = VI + 30\% = 73,63 \text{ m}^3.$$

Adotou-se VRE = 75 m³

5.4.3.4 - Vazão da Bomba de Recalque (Qre)

Tempo para encher o RE (Tenc)=60,0min.

$$Qre = VRE / (Tenc * 60) = 0,021 \text{ m}^3/\text{s} \text{ ou } 21,0 \text{ l/s}$$

5.4.3.5 - Potência dos Motores

No Quadro 11.0 estão apresentados o dimensionamento e as características dos conjuntos motobomba de lavagem dos filtros.

5.4.4 - Quantidade de Produtos Químicos

A quantidade de produtos químicos necessária para o tratamento d'água deverá seguir os valores apresentados no Quadro 12.0.

5.5 - RESERVAÇÃO

5.5.1 - 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.

5.5.2 - Dimensionamento da reservação

5.5.2.1 - Fórmula Utilizada

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

onde: Q - vazão máxima diária (l/s);

Td – Tempo máximo de funcionamento diário.

QUADRO 11.0

QUADRO 12.0

5.5.2.2 - Reservação Complementar

No Quadro 13.0 fez-se uma comparação entre a reservação existente e a necessária, onde se constata a necessidade de ampliação só a partir da 2ª Etapa.

QUADRO 13.0- VOLUMES DE RESERVAÇÃO EXISTENTES E NECESSÁRIOS

LOCALIDADE	EXISTENTE			NECESSÁRIO			COMPLEMENTAÇÃO		
	RA	RE	TOTAL	1ª ETAPA	2ª ETAPA	3ª ETAPA	1ª ETAPA	2ª ETAPA	3ª ETAPA
Dep. Irapuan Pinheiro	100,00	0,00	100,00	99,82	122,88	142,61	-0,18	22,88	42,61
Betânia	22,00	50,00	72,00	72,49	89,24	103,56	0,49	17,24	31,56
Aurora	0,00	20,00	20,00	16,13	18,72	21,73	-3,87	-1,28	1,73
Cacimbinha	0,00	15,00	15,00	9,44	10,95	12,71	-5,56	1,51	1,76
Velame	0,00	22,00	22,00	18,87	21,90	25,42	-3,13	3,03	3,52
TOTAL				216,75	263,69	306,02	-12,25	43,38	81,17

Em relação aos volumes a armazenar em cada localidade, levando em conta os dados constantes do quadro anterior, recomenda-se a construção, na segunda etapa, de reservatórios complementares conforme Quadro 14.0.

QUADRO 14.0 – RESERVATÓRIOS A CONSTRUIR

LOCALIDADE	VOLUME (M ³)
Sede do município	50,0
Betânia	50,0
Aurora	3,0
Cacimbinha	3,0
Velame	5,0

Outrossim, junto ao complexo ETA/EEAT, deverá ser construído um reservatório apoiado de 50 m³ para reservação do volume d'água necessário à garantia de uma hora de operação do equipamento instalado no referido complexo e um reservatório elevado para suprir a casa de química, lavagem dos filtros e escritório. Já os reservatórios das localidades de Aurora, Cacimbinha e Velame, em virtude dos pequenos volumes, só serão construídos se constatada a sua real necessidade na segunda etapa do projeto, sendo que, caso haja necessidade dessa complementação, tais reservatórios deverão ter volumes maiores e localizados em pontos estratégicos em cada localidade.

6 - PROJETO ELÉTRICO

6 - PROJETO ELÉTRICO

6.1 - INTRODUÇÃO

Esta memória de cálculo visa dimensionar a subestação e equipamentos elétricos destinados às estações de bombeamento de água do projeto: Adutora de Irapuan Pinheiro (Açude Jenipapeiro).

A subestação transformadora, classe 15 kV, será tipo aéreo e ao tempo, instalada em poste de concreto armado, padrão COELCE. Esta subestação estará ligada ao sistema de fornecimento de energia primária em 13,8 kV, através da linha de distribuição rural e que fornecerá aos motores das bombas tensão 380 V trifásica.

Os motores elétricos serão acionados por chaves de comando automático com partida auto-compensadas instaladas na sala de bombas da estação elevatória.

As chaves de comando também protegerão os motores contra sobrecarga, curto circuito e falta de fase, além do controle de nível de água, que desligará os motores, quando o nível mínimo for atingido, ou acionarão os motores no caso do nível máximo ser atingido.

As chaves de comando e proteção dos motores serão instaladas em quadros de chapa de aço de espessura mínima de 2,0 mm (14 usg), estrutura auto portante; garantindo sua estabilidade e segurança de terceiros, bem como a perfeita fixação dos equipamentos e materiais utilizados na confecção deste quadros, respeitando-se o que prescrevem as NORMAS ABNT NBR 5414, NBR 6808 e 6146. Os quadros metálicos deverão ter grau de proteção mínima IP-44 (NBR 6146).

Os motores elétricos serão do tipo totalmente fechado com ventilação externa (NBR 7094 e 5432) e terão grau de proteção mínima IP-54. Suas carcaças serão devidamente aterradas com cabo de cobre nu e hastes de terra cobreadas.

6.2 - POTÊNCIA DA SUBESTAÇÃO – DIMENSIONAMENTO ELÉTRICO

6.2.1 - Captação em Flutuante

A carga instalada final prevista para a 3ª etapa será de dois (2) motores elétricos de 10 CV, em 380V, sendo um (1) efetivo e um (1) reserva.

Características Elétricas: Motor 10 CV

- Potência nominal: 10 CV
- Corrente nominal: 16 A
- Tensão nominal: 380 V
- Frequência: 60 Hz
- Rotação: 1.800 rpm
- Fator de potência: 0,85
- Rendimento: 0,88

6.2.2 - Estação Elevatória para Lavagem de Filtros

A carga instalada final prevista para a 3ª etapa será dois (2) motores elétricos de 10CV em 380V; sendo um (1) efetivo e um (1) reserva.

Características Elétricas: Motor 10CV

- Potência nominal: 10 CV
- Corrente Nominal: 16 A
- Tensão Nominal: 380 V
- Frequência: 60Hz
- Rotação: 1.800 rpm
- Fator de potência: 0,85
- Rendimento: 0,88

6.2.3 - Estação Elevatória da Adutora de Água Tratada

Carga Instalada: A carga instalada final prevista para a 3ª etapa será de dois (2) motores elétricos de 20CV em 380 V, sendo (1) um efetivo e um (1) reserva.

Características elétricas: motor 20CV

- Potência nominal: 20 CV
 - Tensão nominal: 380V
 - Corrente nominal: 30 A
 - Frequência: 60 Hz
 - Rotação 1800 rpm
 - Fator de potência 0,88
 - Rendimento 0,91
- Potência da Subestação

$$P_{nSE} = \frac{20 \times 0,736}{0,88 \times 0,91} + 2 \times \left(\frac{10 \times 0,736}{0,85 \times 0,88} \right) = 38,06 \text{ kVA}$$

Demanda da instalação: O cálculo da demanda máxima presumível da instalação será, segundo NT 02/91 da COELCE.

$D = (0,87 \times P_{nm} \times F_u)$ kVA, onde:

- $P_{nm} = 20 + 10 + 10 = 40$ CV
- $F_u = 0,85$
- $D = 0,87 \times 40 \times 0,85 = 29,58$ kVA

Logo será utilizado um transformador de 45 kVA – 13.800/380/220 V, em subestação tipo poste instalada ao tempo (Padrão COELCE).

6.2.4 - Proteção

a) Corrente de curto-circuito

$$I_{cc} = \frac{45}{\sqrt{3} \times 0,38 \times 0,035} = 1.953 A$$

b) Corrente primária

$$I_{np} = \frac{45}{\sqrt{3} \times 13,8} \times 1,5 = 2,82 A, \text{ elo fusível primário de } 3A (3H)$$

6.2.5 - Condutores/Eletrodutos

a) Baixa tensão

$$I_{BT} = \frac{45}{\sqrt{3} \times 0,38} = 68 A$$

$S_f = 25 \text{ mm}^2$ (1 condutor para fase, 750 V, PVC)

$S_n = 25 \text{ mm}^2$ (1 condutor neutro, 750 V, PVC)

Eletroduto = ϕ 1 ½"

b) Corrente secundária

$$I_s = \frac{45}{\sqrt{3} \times 0,38} = 68 A$$

c) Disjuntor geral de baixa tensão

$$I_d = \frac{68}{0,95} = 71,57 A$$

Será utilizado um disjuntor geral de 100A/380 V e capacidade de ruptura 5 kA.

6.2.6 - Proteção do motor – 20cv (EEAT)

Motor 20 CV – (EEAT)

- $I_n = 30A$ (valor médio do fabricante)
- $S_f = 6mm^2$ (1 condutor para fase, 750 V, PVC)
- $S_p = 6mm^2$ (condutor proteção – cobre nu)

a) Fusível

- $I_p = I_m = 30 A$
- $I_{fusível} = 50 A$ – será utilizado fusível de 50 A, tipo NH

b) Relê de sobrecarga

$I_{relé} = 1,05 \times 30 = 31,5 A$; será utilizado relê bimetálico de sobrecarga com faixa de regulação de 25 a 36 A; com ajuste de 31 A.

6.2.7 - Proteção Motor – 10 CV - EELF

- $I_n = 16 A$ (valor médio de fabricante)
- $S_f = 2,5 mm^2$ (1 condutor para fase, 750 V, PVC)
- $S_p = 2,5 mm^2$ (1 condutor cobre nu para aterramento).

a) Fusível

- $I_p = I_n = 16A$
- $I_{fusível} = 25 A$ – será utilizado fusível de 25 A – tipo DIAZED

b) Relê de sobre carga

$I_{relé} = 1,05 \times 16 = 16,8$ – será utilizado relê bimetálica de sobrecarga com faixa de regulação de 10 a 16 A; com ajuste de 16 A.

6.2.8 - Proteção do Motor – 10 CV (Captação Flutuante)

$I_n = 16A$ (valor médio de fabricante).

O dimensionamento da seção do condutor será pela queda de tensão, visto que o flutuante se encontra a uma distância de 180m, aproximadamente, do quadro de comando:

$$S_f = \frac{173 \times (1/56) \times 16 \times 180 \times 0,9}{2 \times 380} \cong 10,5 \text{ mm}^2$$

A seção do condutor será de 10 mm².

– $S_f = 10 \text{ mm}^2$ (1 condutor para fase, 750V, PVC).

a) Fusível

– $I_p = I_n = 16A$

– $I_{\text{fusível}} = 25 A$, será utilizado fusível de 25 A, tipo DIAZED

b) Relé de sobre carga

$I_{\text{relé}} = 1,05 \times 16 = 16,8 A$ – será utilizado relé bimetálico de sobrecarga com faixa de regulação de 10 a 16A; com ajuste de 16A.