**MÓDULO VI – PROJETO EXECUTIVO DA ADUTORA DE GRANJEIRO**

VOLUME III – DETALHAMENTO DO PROJETO EXECUTIVO

TOMO 2 – MEMÓRIA DE CÁLCULO

EDITADO EM OUTUBRO DE 2006

**ÍNDICE**

**ÍNDICE**

**APRESENTAÇÃO ..... 5**

**1 – INTRODUÇÃO ..... 9**

**2 – MEMÓRIA DE CÁLCULO ..... 12**

2.1 – ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA BRUTA (EEAB) ..... 12

**2.1.1 – Dimensionamento do Flutuante ..... 12**

**2.1.2 – Dimensionamento dos Conjuntos motobomba ..... 12**

2.1.2.1 – Altura Manométrica: Hman. ..... 12

2.1.2.2 – Potência dos Motores ..... 22

2.1.2.3 – Curva da Bomba x Curva do Sistema ..... 27

2.1.2.4 – Cavitação ..... 30

2.2 – ADUÇÃO ..... 31

**2.2.1 – Estudo do Diâmetro Econômico da Adutora ..... 31**

2.2.1.1 – Critérios Adotados ..... 31

2.2.1.2 – Metodologia e Parâmetros de Dimensionamento ..... 31

2.2.1.3 – Simulações ..... 32

**2.2.2 – Blocos de Ancoragem ..... 33**

**2.2.3 – Movimento de Terra ..... 34**

**2.2.4 – Avaliação do Transiente Hidráulico e Equipamento de proteção ..... 34**

2.3 – ESTAÇÃO DE TRATAMENTO D'ÁGUA – ETA ..... 37

**2.3.1 – Análise Físico-Química da Água ..... 37**

**2.3.2 – Dimensionamento dos Filtros ..... 38**

**2.3.3 – Quantidade de Produtos Químicos ..... 39**

2.4 – RESERVAÇÃO ..... 40

**2.4.1 – Critérios de Reservação.....40**

**2.4.2 – Dimensionamento da Reservação .....40**

2.4.2.1 – Fórmula Utilizada.....40

2.4.2.2 – Dimensionamento.....40

2.5 – PROJETO ELÉTRICO.....43

**2.5.1 – Objetivo .....43**

**2.5.2 – Sistema Elétrico da COELCE.....43**

**2.5.3 – Memória de Cálculo QDLF (Casa de Comando da EEAB) .....43**

2.5.3.1 – Alimentação do Circuito: Iluminação Interna e externa e tomada.....43

2.5.3.2 – Alimentação do Circuito 2: Iluminação do Pátio .....44

2.5.3.3 – Alimentador Geral (QGBT ao QDLF).....45

**2.5.4 – Memória de Cálculo QGBT da EEAB .....45**

2.5.4.1 – Alimentação do Circuito 1: Iluminação do Flutuante.....45

2.5.4.2 – Alimentação do Circuito 2: Tomada Uso Comum do Flutuante .....46

2.5.4.3 – Alimentação do Circuito 3: Tomada de Força no Flutuante.....47

2.5.4.4 – Alimentação do Circuito 4: Alimentação dos Motores CCM (Flutuante) .....48

2.5.4.5 – Alimentador Geral do CCM (Do QGBT ao CCM) .....49

2.5.4.6 – Alimentador Geral (Medição ao QGBT).....50

2.5.4.7 – Potência do Transformador de Força da EEAB.....50

**ANEXOS**

**ANEXO 1 – ESTUDO DO DIÂMETRO ECONÔMICO**

**ANEXO 2 – CURVAS DE BOMBA**

**ANEXO 3 – TRANSIENTE HIDRÁULICO**

**ANEXO 4 – CÁLCULO DE ESTABILIDADE DO FLUTUANTE**

# APRESENTAÇÃO

## APRESENTAÇÃO

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

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

A documentação, ora apresentada, compreende o Relatório do Projeto Executivo da Adutora em referencia, o qual está embasado nos estudos realizados preliminarmente, consolidados no correspondente relatório de Ante-Projeto.

A fonte hídrica será a represa formada com a construção da Barragem Riacho do Meio, em fase de projeto, localizada, em seção do riacho de mesmo nome, a aproximadamente 6 km a oeste da sede municipal.

Em síntese, os estudos e projetos objeto do citado contrato estão compreendidos nos seguintes módulos:

<u>Módulo I:</u> Estudos de Alternativas de Localização das Barragens e Adutoras

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

<u>Módulo II:</u> Estudos Básicos, Anteprojetos e Avaliações

VOLUME I: Estudos Básicos

TOMO 1 – Relatório Geral – Textos

TOMO 2 – Estudos Hidrológicos

TOMO 3 – Estudos Cartográficos

TOMO 4 – Estudos Geológicos e Geotécnicos

TOMO 5 – Estudos Pedológicos

VOLUME II: Anteprojetos

TOMO 1 – Relatório de Concepção Geral

TOMO 1A – Desenhos e Plantas

TOMO 1B – Memória de Cálculo

VOLUME III: Avaliações Financeiras e Econômicas

TOMO 1 – Relatório de Avaliações Financeira e Econômica

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

VOLUME I: EIA

VOLUME II: RIMA

Módulo IV: Projeto Executivo da Barragem

VOLUME I: Detalhamento do Projeto Executivo

TOMO 1 – Memorial Descritivo do Projeto

TOMO 2 – Desenhos do Projeto

TOMO 3 – Memória de Cálculo

TOMO 4 – Especificações Técnicas

TOMO 5 – Quantitativos e Orçamentos

TOMO 6 – Síntese

Módulo V: Levantamento Cadastral e Plano de Reassentamento

VOLUME I: Levantamento Cadastral

TOMO 1 – Relatório Geral

TOMO 2 – Laudos Individuais de Avaliação

TOMO 3 – Levantamentos Topográficos

VOLUME II: Plano de Reassentamento

TOMO 1 – Relatório Final do Reassentamento

**<u>Módulo VI:</u> Projeto Executivo das Adutoras**

VOLUME I: Estudos Básicos

TOMO 1 – Levantamentos Topográficos

TOMO 2 – Investigações Geotécnicas

VOLUME II: Anteprojeto

**VOLUME III: Detalhamento do Projeto Executivo**

TOMO 1 – Memorial Descritivo

**TOMO 2 – Memória de Cálculo**

TOMO 3 – Quantitativos e Orçamentos

TOMO 4 – Especificações Técnicas e Normas de Medições

TOMO 5 - Plantas

<u>Módulo VII:</u> Elaboração dos Manuais de Operação e Manutenção

VOLUME I: Manuais de Operação e Manutenção

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

# 1 – INTRODUÇÃO

## 1 – INTRODUÇÃO

Com o propósito de oferecer água tratada para abastecimento da população residente na cidade de Granjeiro, dentro dos padrões exigidos pela legislação específica vigente e de fonte de suprimento confiável, no que diz respeito à regularidade, foram realizados estudos, em atendimento ao programa desenvolvido pelo Governo do Estado do Ceará, na área de atuação da Secretaria dos Recursos Hídricos, no âmbito do Programa de Gerenciamento e Integração dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará – PROGERIRH, nos quais se apoiou a elaboração do presente projeto executivo.

As principais características da região onde se insere o empreendimento são as seguintes:

Distância entre Fortaleza e a cidade de Granjeiro: 478,0 Km.

Coordenadas geográficas e altitude da sede do município:

- Latitude: 6º53'18";
- Longitude: 39º13'04";
- Altitude (Sede): 350,00 m;
- Área da superfície geográfica do município: 99,0 $km^2$.

Unidades territoriais limítrofes:

- Ao Norte: município de Várzea Alegre;
- Ao Sul: município de Caririaçu;
- A Leste: municípios de Caririaçu e Lavras da Mangabeira;
- A Oeste: municípios de Várzea Alegre e Caririaçu.

O manancial que alimentará a Adutora será o açude Riacho do Meio, cuja barragem, em fase de projeto, estará aproximadamente a 6,0 Km a oeste da cidade de Granjeiro, fazendo-se o percurso entre o local do barramento e a sede do município, parte por estrada carroçável e parte por rodovia asfaltada.

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

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

Sítio Vicente
Machado
Sítio Serrote
Cem
Várzea Alegre
Sítio S. Cosme
Sítio Mocotó
Campo de Pouso
Rch. do Feijão
Sítio Araçá
Sítio Bebedouro
Algodão
Serra do Meio
Rocado de Dentro
Serra do Rocado de Dentro
Rch. Caiana
Sítio Cacheira Dantas
CALDEIRÃO
Sítio Rosário
Sítio Varas
Sítio Caiana
Sítio Guaribas
SERRA DO FURTADO
Riacho Verde
Rch. Mameluco
Sítio Vazante
Sítio Rch. de Fundo
Serra Boa Vista
Serra S. Bento
Serra Nova
Sítio Fundão
Sítio Rubão
Andreza
Almas
Sítio S. Vitória
Sítio Canabrava dos Ferreira
Sítio Lagoa de S. Bento
Sítio Curral Velho
SERRA DE S. BENTO
Sítio S. Domingos
Sítio Espírito Santo
Rch. do Meio
Sítio Canabrava
Sítio Lamarão
Cem
Granjeiro
Sítio Mari
Serra das Andorinhas
Sítio Carrinha
Sítio Arão
Rch. Comprido
Serrote dos Aquinos
Sítio Cobra
Sítio Rocha Seca
Rch. Sêco
Rch. Senharó
Calabaça
Sítio Senhoro
Sítio Picada
Sítio Boa Vista
Sítio Côco
Serra Negra
Serra do Meio
Sítio Carrapateira
Sítio Emã
Sítio Cajeira
Sítio Trairas
Sítio Marimbondo
Rch. Unha de Gato
Serrote Três Irmãos
Sítio Tequari
Serra de Senharó
Rch. Coronzó
SITIO CORONZO
Sítio Boqueirão
Serra do Tequari
Mo. Serrotão
Serrote
Sítio Tatajira
Sítio Marecos
Sítio Ingazeira
Sítio Forquilha
Sítio Curimatas
Sítio Samambaia
Rch. do Rosário
Rch. Jupari
Serra da Aninga
MAMELUCO
Rch. da Areia
Sítio Roça Velha
Sítio Unha de Gato
Quintaús
Serra Sucuarana
Rch. Limoeiro
Serrote do Limoeiro
Rch. das Pimentas
Rch. Mescla
Algodão
CUPIM
Rch. do Meio
TABOLEIRO ALEGRE
Sítio Siriqueira
Sítio Unha de Gato
Sítio Varas
Ac. Varas
Sítio Juá
Sítio Malhada Bonita
SERRA DA MESCLA
Caat
RN 305
RN 270
RN 288
RN 314
RN 339
RN 340
RN 296
RN 316
RN 334
RN 321
AT
BARREIRA
Genipapo
Rch.

## 2 – MEMÓRIA DE CÁLCULO

## 2 – MEMÓRIA DE CÁLCULO

2.1 – ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA BRUTA (EEAB)

### 2.1.1 – Dimensionamento do Flutuante

No **Anexo 4** ao presente relatório encontram-se os dados e marcha de cálculo para dimensionamento do flutuante e verificação de sua estabilidade.

### 2.1.2 – Dimensionamento dos Conjuntos motobomba

2.1.2.1 – Altura Manométrica: Hman.

a) Dados para Dimensionamento

- Vazão da 1ª etapa.....3,39 L/s (2016)
- Vazão da 2ª etapa.....4,13 L/s (2026)
- Vazão da 3ª etapa.....5,03 L/s (2036)
- Nº de bombas .....Uma ativa e uma reserva
- Tubulação de recalque (Flutuante –> Cx. de transição PEADxPVC):

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

Diâmetro externo .....110 mm

Comprimento .....240,00 m

Pressão de Serviço.....PN-16

- Tubulação de recalque (Cx. de transição PEADxPVC –> Reservatório apoiado):

Material .....PVC

Diâmetro nominal.....100 mm

Comprimento .....124,35 m

Pressão de Serviço.....1,0 MPa

- Tubulação trecho gravitativo (Reservatório apoiado –> ETA CAGECE Granjeiro):

Material .....PVC

Diâmetro nominal.....100 mm

Comprimento .....4.948,30 m

Pressão.....1,0 MPa

- Nível mínimo de operação do flutuante (NA mínimo)..... 308,00
- Nível máximo de operação do flutuante (NA máximo)..... 320,00
- Cota do eixo da Tomada D' água..... 306,00
- Cota do TN. no Reservatório apoiado – Cx. de passagem (C-RA).. 375,00
- Cota terreno natural chegada ETA-CAGECE-Granjeiro ..... 305,30
- Carga necessária na Chaminé de equilíbrio ..... 5,00 m
- Carga necessária na conexão adutora- câmara de carga da ETA . 7,00 m
- Altura de sucção (Hs)
- Perda de carga na sucção (Hfs) e no barrilete (Hfb)
- Perda de carga no recalque (Hfr)
- Diferença geométrica (Dg)
- Pressão necessária no início da adutora (PI) ..... PI=Hfr+Dg

b) Perda de carga distribuída ($h_d$)

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

Fórmula universal de perda de carga:

$$hf = F.\frac{L}{D}.\frac{V^2}{2g}$$

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:

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

Equação da continuidade:

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

Onde:

F = fator de Colebrook;

D = diâmetro (m);

K = coeficiente de rugosidade (mm);

$\lambda$ = viscosidade cinemática do líquido ($m^2/s$);

L = comprimento do trecho (m);

V = velocidade do fluxo (m/s);

g = aceleração da gravidade ($m/s^2$).

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

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

c) Perda de carga localizada ($h_l$)

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

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

O **Quadro 2.4** apresenta os respectivos valores de $h_l$ e $h_d$, referentes à sucção e ao barrilete das bombas da EEAB.

KL ENGENHARIA  MA|BE Infra-estrutura e Serviços S/C LTDA  enerconsult s.a. ARCADIS

QUADRO 2.1.A - CÁLCULO DAS PERDAS DE CARGA E DAS COTAS PIEZOMÉTRICAS DA ADUTORA DE GRANJEIRO - 1ª ETAPA
ADUTORA DE ÁGUA BRUTA - AAB (RESERVATÓRIO NO NA MÍNIMO)

| TRECHO | TRECHO | ESTACA | | | TN | ESTACA | | | TN | DIST. (m) | VAZÃO (L/s) | DIAM. NOMINAL (mm) | DIAM. INT. (mm) | VEL. (m/s) | PERDA CARGA UNIT.(m) | PERDA CARGA TOTAL(m) | DESN. (m) | COTA PIEZ. (m) | | CARGA (mca) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | INICIAL | FINAL | INICIAL | FINAL |
| PEAD | PRESSURIZADO | 0 | + | 0,00 | 308,000 | 12 | + | 0,00 | 322,000 | 240,00 | 3,39 | 110 | 85,4 | 0,59 | 0,004922 | 1,181 | 14,00 | 381,37 | 380,19 | 73,37 | 58,19 |
| PVC | PRESSURIZADO | 12 | + | 0,00 | 322,000 | 18 | + | 4,35 | 375,002 | 124,35 | 3,39 | 100 | 108,4 | 0,37 | 0,001526 | 0,190 | 53,00 | 380,19 | 380,00 | 58,19 | 5,00 |
| PVC | GRAVITATIVO | 24 | + | 10,00 | 375,002 | 30 | + | 0,00 | 375,259 | 110,00 | 3,39 | 100 | 108,4 | 0,37 | 0,001526 | 0,168 | 0,26 | 380,00 | 379,83 | 5,00 | 4,57 |
| PVC | GRAVITATIVO | 30 | + | 0,00 | 375,259 | 42 | + | 5,30 | 375,006 | 245,30 | 3,39 | 100 | 108,4 | 0,37 | 0,001526 | 0,374 | -0,25 | 379,83 | 379,46 | 4,57 | 4,45 |
| PVC | GRAVITATIVO | 35 | + | 0,00 | 375,006 | 49 | + | 5,00 | 342,339 | 285,00 | 3,39 | 100 | 108,4 | 0,37 | 0,001526 | 0,435 | -32,67 | 379,46 | 379,02 | 4,45 | 36,68 |
| PVC | GRAVITATIVO | 49 | + | 5,00 | 342,339 | 87 | + | 0,00 | 317,555 | 755,00 | 3,39 | 100 | 108,4 | 0,37 | 0,001526 | 1,152 | -24,78 | 379,02 | 377,87 | 36,68 | 60,32 |
| PVC | GRAVITATIVO | 87 | + | 0,00 | 317,555 | 95 | + | 0,00 | 325,615 | 160,00 | 3,39 | 100 | 108,4 | 0,37 | 0,001526 | 0,244 | 8,06 | 377,87 | 377,63 | 60,32 | 52,01 |
| PVC | GRAVITATIVO | 95 | + | 0,00 | 325,615 | 109 | + | 0,00 | 305,195 | 280,00 | 3,39 | 100 | 108,4 | 0,37 | 0,001526 | 0,427 | -20,42 | 377,63 | 377,20 | 52,01 | 72,00 |
| PVC | GRAVITATIVO | 109 | + | 0,00 | 305,195 | 133 | + | 0,00 | 335,872 | 480,00 | 3,39 | 100 | 108,4 | 0,37 | 0,001526 | 0,732 | 30,68 | 377,20 | 376,47 | 72,00 | 40,60 |
| PVC | GRAVITATIVO | 133 | + | 0,00 | 335,872 | 150 | + | 0,00 | 314,170 | 340,00 | 3,39 | 100 | 108,4 | 0,37 | 0,001526 | 0,519 | -21,70 | 376,47 | 375,95 | 40,60 | 61,78 |
| PVC | GRAVITATIVO | 150 | + | 0,00 | 314,170 | 189 | + | 0,00 | 351,064 | 780,00 | 3,39 | 100 | 108,4 | 0,37 | 0,001526 | 1,190 | 36,89 | 375,95 | 374,76 | 61,78 | 23,69 |
| PVC | GRAVITATIVO | 189 | + | 0,00 | 351,064 | 209 | + | 0,00 | 330,180 | 400,00 | 3,39 | 100 | 108,4 | 0,37 | 0,001526 | 0,610 | -20,88 | 374,76 | 374,15 | 23,69 | 43,97 |
| PVC | GRAVITATIVO | 209 | + | 0,00 | 330,180 | 219 | + | 0,00 | 334,900 | 200,00 | 3,39 | 100 | 108,4 | 0,37 | 0,001526 | 0,305 | 4,72 | 374,15 | 373,84 | 43,97 | 38,94 |
| PVC | GRAVITATIVO | 219 | + | 0,00 | 334,900 | 227 | + | 0,00 | 329,280 | 160,00 | 3,39 | 100 | 108,4 | 0,37 | 0,001526 | 0,244 | -5,62 | 373,84 | 373,60 | 38,94 | 44,32 |
| PVC | GRAVITATIVO | 227 | + | 0,00 | 329,280 | 232 | + | 10,50 | 324,540 | 110,50 | 3,39 | 100 | 108,4 | 0,37 | 0,001526 | 0,169 | -4,74 | 373,60 | 373,43 | 44,32 | 48,89 |
| PVC | GRAVITATIVO | 232 | + | 10,50 | 324,540 | 254 | + | 0,00 | 312,120 | 429,50 | 3,39 | 100 | 108,4 | 0,37 | 0,001526 | 0,655 | -12,42 | 373,43 | 372,77 | 48,89 | 60,65 |
| PVC | GRAVITATIVO | 254 | + | 0,00 | 312,120 | 264 | + | 13,00 | 305,300 | 213,00 | 3,39 | 100 | 108,4 | 0,37 | 0,001526 | 0,325 | -6,82 | 372,77 | 372,45 | 60,65 | 67,15 |
| TOTAL | | | | | | | | | | 5.312,65 | | | | | | 8,92 | -2,70 | | | | |

Obs: Estaca 18'+4,35 = Estaca 24+10,00 / Estaca 42+5,30 = Estaca 35+0,00

KL ENGENHARIA  MA|BE Infra-estrutura e Serviços S/C LTDA  enerconsult s.a. ARCADIS

QUADRO 2.1.B - CÁLCULO DAS PERDAS DE CARGA E DAS COTAS PIEZOMÉTRICAS DA ADUTORA DE GRANJEIRO - 1ª ETAPA
ADUTORA DE ÁGUA BRUTA - AAB (RESERVATÓRIO NO NA MÁXIMO)

| TRECHO | TRECHO | ESTACA | | | TN | ESTACA | | | TN | DIST. (m) | VAZÃO (L/s) | DIAM. NOMINAL (mm) | DIAM. INT. (mm) | VEL. (m/s) | PERDA CARGA UNIT.(m) | PERDA CARGA TOTAL(m) | DESN. (m) | COTA PIEZ. (m) | | CARGA (mca) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | INICIAL | FINAL | INICIAL | FINAL |
| PEAD | PRESSURIZADO | 0 | + | 0,00 | 320,000 | 12 | + | 0,00 | 322,000 | 240,00 | 3,39 | 110 | 85,4 | 0,59 | 0,004922 | 1,181 | 2,00 | 381,37 | 380,19 | 61,37 | 58,19 |
| PVC | | 12 | + | 0,00 | 322,000 | 18 | + | 4,35 | 375,002 | 124,35 | 3,39 | 100 | 108,4 | 0,37 | 0,001526 | 0,190 | 53,00 | 380,19 | 380,00 | 58,19 | 5,00 |
| | GRAVITATIVO | 24 | + | 10,00 | 375,002 | 30 | + | 0,00 | 375,259 | 110,00 | 3,39 | 100 | 108,4 | 0,37 | 0,001526 | 0,168 | 0,26 | 380,00 | 379,83 | 5,00 | 4,57 |
| | | 30 | + | 0,00 | 375,259 | 42 | + | 5,30 | 375,006 | 245,30 | 3,39 | 100 | 108,4 | 0,37 | 0,001526 | 0,374 | -0,25 | 379,83 | 379,46 | 4,57 | 4,45 |
| | | 35 | + | 0,00 | 375,006 | 49 | + | 5,00 | 342,339 | 285,00 | 3,39 | 100 | 108,4 | 0,37 | 0,001526 | 0,435 | -32,67 | 379,46 | 379,02 | 4,45 | 36,68 |
| | | 49 | + | 5,00 | 342,339 | 87 | + | 0,00 | 317,555 | 755,00 | 3,39 | 100 | 108,4 | 0,37 | 0,001526 | 1,152 | -24,78 | 379,02 | 377,87 | 36,68 | 60,32 |
| | | 87 | + | 0,00 | 317,555 | 95 | + | 0,00 | 325,615 | 160,00 | 3,39 | 100 | 108,4 | 0,37 | 0,001526 | 0,244 | 8,06 | 377,87 | 377,63 | 60,32 | 52,01 |
| | | 95 | + | 0,00 | 325,615 | 109 | + | 0,00 | 305,195 | 280,00 | 3,39 | 100 | 108,4 | 0,37 | 0,001526 | 0,427 | -20,42 | 377,63 | 377,20 | 52,01 | 72,00 |
| | | 109 | + | 0,00 | 305,195 | 133 | + | 0,00 | 335,872 | 480,00 | 3,39 | 100 | 108,4 | 0,37 | 0,001526 | 0,732 | 30,68 | 377,20 | 376,47 | 72,00 | 40,60 |
| | | 133 | + | 0,00 | 335,872 | 150 | + | 0,00 | 314,170 | 340,00 | 3,39 | 100 | 108,4 | 0,37 | 0,001526 | 0,519 | -21,70 | 376,47 | 375,95 | 40,60 | 61,78 |
| | | 150 | + | 0,00 | 314,170 | 189 | + | 0,00 | 351,064 | 780,00 | 3,39 | 100 | 108,4 | 0,37 | 0,001526 | 1,190 | 36,89 | 375,95 | 374,76 | 61,78 | 23,69 |
| | | 189 | + | 0,00 | 351,064 | 209 | + | 0,00 | 330,180 | 400,00 | 3,39 | 100 | 108,4 | 0,37 | 0,001526 | 0,610 | -20,88 | 374,76 | 374,15 | 23,69 | 43,97 |
| | | 209 | + | 0,00 | 330,180 | 219 | + | 0,00 | 334,900 | 200,00 | 3,39 | 100 | 108,4 | 0,37 | 0,001526 | 0,305 | 4,72 | 374,15 | 373,84 | 43,97 | 38,94 |
| | | 219 | + | 0,00 | 334,900 | 227 | + | 0,00 | 329,280 | 160,00 | 3,39 | 100 | 108,4 | 0,37 | 0,001526 | 0,244 | -5,62 | 373,84 | 373,60 | 38,94 | 44,32 |
| | | 227 | + | 0,00 | 329,280 | 232 | + | 10,50 | 324,540 | 110,50 | 3,39 | 100 | 108,4 | 0,37 | 0,001526 | 0,169 | -4,74 | 373,60 | 373,43 | 44,32 | 48,89 |
| | | 232 | + | 10,50 | 324,540 | 254 | + | 0,00 | 312,120 | 429,50 | 3,39 | 100 | 108,4 | 0,37 | 0,001526 | 0,655 | -12,42 | 373,43 | 372,77 | 48,89 | 60,65 |
| | | 254 | + | 0,00 | 312,120 | 264 | + | 13,00 | 305,300 | 213,00 | 3,39 | 100 | 108,4 | 0,37 | 0,001526 | 0,325 | -6,82 | 372,77 | 372,45 | 60,65 | 67,15 |
| TOTAL | | | | | | | | | | 5.312,65 | | | | | | 8,92 | -14,70 | | | | |

Obs: Estaca 18'+4,35 = Estaca 24+10,00 / Estaca 42+5,30 = Estaca 35+0,00

KL ENGENHARIA  MA|BE Infra-estrutura e Serviços S/C LTDA  enerconsult s.a. ARCADIS

QUADRO 2.2.A - CÁLCULO DAS PERDAS DE CARGA E DAS COTAS PIEZOMÉTRICAS DA ADUTORA DE GRANJEIRO - 2ª ETAPA
ADUTORA DE ÁGUA BRUTA - AAB (RESERVATÓRIO NO NA MÍNIMO)

| TRECHO | TRECHO | ESTACA | | | TN | ESTACA | | | TN | DIST. (m) | VAZÃO (L/s) | DIAM. NOMINAL (mm) | DIAM. INT. (mm) | VEL. (m/s) | PERDA CARGA UNIT.(m) | PERDA CARGA TOTAL(m) | DESN. (m) | COTA PIEZ. (m) | | CARGA (mca) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | INICIAL | FINAL | INICIAL | FINAL |
| PEAD | PRESSURIZADO | 0 | + | 0,00 | 308,000 | 12 | + | 0,00 | 322,000 | 240,00 | 4,13 | 110 | 85,4 | 0,72 | 0,007099 | 1,704 | 14,00 | 381,97 | 380,27 | 73,97 | 58,27 |
| PVC | PRESSURIZADO | 12 | + | 0,00 | 322,000 | 18 | + | 4,35 | 375,002 | 124,35 | 4,13 | 100 | 108,4 | 0,45 | 0,002190 | 0,272 | 53,00 | 380,27 | 380,00 | 58,27 | 5,00 |
| PVC | GRAVITATIVO | 24 | + | 10,00 | 375,002 | 30 | + | 0,00 | 375,259 | 110,00 | 4,13 | 100 | 108,4 | 0,45 | 0,002190 | 0,241 | 0,26 | 380,00 | 379,76 | 5,00 | 4,50 |
| PVC | GRAVITATIVO | 30 | + | 0,00 | 375,259 | 42 | + | 5,30 | 375,006 | 245,30 | 4,13 | 100 | 108,4 | 0,45 | 0,002190 | 0,537 | -0,25 | 379,76 | 379,22 | 4,50 | 4,21 |
| PVC | GRAVITATIVO | 35 | + | 0,00 | 375,006 | 49 | + | 5,00 | 342,339 | 285,00 | 4,13 | 100 | 108,4 | 0,45 | 0,002190 | 0,624 | -32,67 | 379,22 | 378,60 | 4,21 | 36,26 |
| PVC | GRAVITATIVO | 49 | + | 5,00 | 342,339 | 87 | + | 0,00 | 317,555 | 755,00 | 4,13 | 100 | 108,4 | 0,45 | 0,002190 | 1,654 | -24,78 | 378,60 | 376,94 | 36,26 | 59,39 |
| PVC | GRAVITATIVO | 87 | + | 0,00 | 317,555 | 95 | + | 0,00 | 325,615 | 160,00 | 4,13 | 100 | 108,4 | 0,45 | 0,002190 | 0,350 | 8,06 | 376,94 | 376,59 | 59,39 | 50,98 |
| PVC | GRAVITATIVO | 95 | + | 0,00 | 325,615 | 109 | + | 0,00 | 305,195 | 280,00 | 4,13 | 100 | 108,4 | 0,45 | 0,002190 | 0,613 | -20,42 | 376,59 | 375,98 | 50,98 | 70,78 |
| PVC | GRAVITATIVO | 109 | + | 0,00 | 305,195 | 133 | + | 0,00 | 335,872 | 480,00 | 4,13 | 100 | 108,4 | 0,45 | 0,002190 | 1,051 | 30,68 | 375,98 | 374,93 | 70,78 | 39,06 |
| PVC | GRAVITATIVO | 133 | + | 0,00 | 335,872 | 150 | + | 0,00 | 314,170 | 340,00 | 4,13 | 100 | 108,4 | 0,45 | 0,002190 | 0,745 | -21,70 | 374,93 | 374,18 | 39,06 | 60,01 |
| PVC | GRAVITATIVO | 150 | + | 0,00 | 314,170 | 189 | + | 0,00 | 351,064 | 780,00 | 4,13 | 100 | 108,4 | 0,45 | 0,002190 | 1,708 | 36,89 | 374,18 | 372,47 | 60,01 | 21,41 |
| PVC | GRAVITATIVO | 189 | + | 0,00 | 351,064 | 209 | + | 0,00 | 330,180 | 400,00 | 4,13 | 100 | 108,4 | 0,45 | 0,002190 | 0,876 | -20,88 | 372,47 | 371,60 | 21,41 | 41,42 |
| PVC | GRAVITATIVO | 209 | + | 0,00 | 330,180 | 219 | + | 0,00 | 334,900 | 200,00 | 4,13 | 100 | 108,4 | 0,45 | 0,002190 | 0,438 | 4,72 | 371,60 | 371,16 | 41,42 | 36,26 |
| PVC | GRAVITATIVO | 219 | + | 0,00 | 334,900 | 227 | + | 0,00 | 329,280 | 160,00 | 4,13 | 100 | 108,4 | 0,45 | 0,002190 | 0,350 | -5,62 | 371,16 | 370,81 | 36,26 | 41,53 |
| PVC | GRAVITATIVO | 227 | + | 0,00 | 329,280 | 232 | + | 10,50 | 324,540 | 110,50 | 4,13 | 100 | 108,4 | 0,45 | 0,002190 | 0,242 | -4,74 | 370,81 | 370,57 | 41,53 | 46,03 |
| PVC | GRAVITATIVO | 232 | + | 10,50 | 324,540 | 254 | + | 0,00 | 312,120 | 429,50 | 4,13 | 100 | 108,4 | 0,45 | 0,002190 | 0,941 | -12,42 | 370,57 | 369,63 | 46,03 | 57,51 |
| PVC | GRAVITATIVO | 254 | + | 0,00 | 312,120 | 264 | + | 13,00 | 305,300 | 213,00 | 4,13 | 100 | 108,4 | 0,45 | 0,002190 | 0,467 | -6,82 | 369,63 | 369,16 | 57,51 | 63,86 |
| TOTAL | | | | | | | | | | 5.312,65 | | | | | | 12,81 | -2,70 | | | 11,49 | |

Obs: Estaca 18'+4,35 = Estaca 24+10,00 / Estaca 42+5,30 = Estaca 35+0,00

KL ENGENHARIA  MA|BE Infra-estrutura e Serviços S/C LTDA  enerconsult s.a. ARCADIS

QUADRO 2.2.B - CÁLCULO DAS PERDAS DE CARGA E DAS COTAS PIEZOMÉTRICAS DA ADUTORA DE GRANJEIRO - 2ª ETAPA
ADUTORA DE ÁGUA BRUTA - AAB (RESERVATÓRIO NO NA MÁXIMO)

| TRECHO | TRECHO | ESTACA | | | TN | ESTACA | | | TN | DIST. (m) | VAZÃO (L/s) | DIAM. NOMINAL (mm) | DIAM. INT. (mm) | VEL. (m/s) | PERDA CARGA UNIT.(m) | PERDA CARGA TOTAL(m) | DESN. (m) | COTA PIEZ. (m) | | CARGA (mca) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | INICIAL | FINAL | INICIAL | FINAL |
| PEAD | PRESSURIZADO | 0 | + | 0,00 | 320,000 | 12 | + | 0,00 | 322,000 | 240,00 | 4,13 | 110 | 85,4 | 0,72 | 0,007099 | 1,704 | 2,00 | 381,97 | 380,27 | 61,97 | 58,27 |
| PVC | PRESSURIZADO | 12 | + | 0,00 | 322,000 | 18 | + | 4,35 | 375,002 | 124,35 | 4,13 | 100 | 108,4 | 0,45 | 0,002190 | 0,272 | 53,00 | 380,27 | 380,00 | 58,27 | 5,00 |
| PVC | GRAVITATIVO | 24 | + | 10,00 | 375,002 | 30 | + | 0,00 | 375,259 | 110,00 | 4,13 | 100 | 108,4 | 0,45 | 0,002190 | 0,241 | 0,26 | 380,00 | 379,76 | 5,00 | 4,50 |
| PVC | GRAVITATIVO | 30 | + | 0,00 | 375,259 | 42 | + | 5,30 | 375,006 | 245,30 | 4,13 | 100 | 108,4 | 0,45 | 0,002190 | 0,537 | -0,25 | 379,76 | 379,22 | 4,50 | 4,21 |
| PVC | GRAVITATIVO | 35 | + | 0,00 | 375,006 | 49 | + | 5,00 | 342,339 | 285,00 | 4,13 | 100 | 108,4 | 0,45 | 0,002190 | 0,624 | -32,67 | 379,22 | 378,60 | 4,21 | 36,26 |
| PVC | GRAVITATIVO | 49 | + | 5,00 | 342,339 | 87 | + | 0,00 | 317,555 | 755,00 | 4,13 | 100 | 108,4 | 0,45 | 0,002190 | 1,654 | -24,78 | 378,60 | 376,94 | 36,26 | 59,39 |
| PVC | GRAVITATIVO | 87 | + | 0,00 | 317,555 | 95 | + | 0,00 | 325,615 | 160,00 | 4,13 | 100 | 108,4 | 0,45 | 0,002190 | 0,350 | 8,06 | 376,94 | 376,59 | 59,39 | 50,98 |
| PVC | GRAVITATIVO | 95 | + | 0,00 | 325,615 | 109 | + | 0,00 | 305,195 | 280,00 | 4,13 | 100 | 108,4 | 0,45 | 0,002190 | 0,613 | -20,42 | 376,59 | 375,98 | 50,98 | 70,78 |
| PVC | GRAVITATIVO | 109 | + | 0,00 | 305,195 | 133 | + | 0,00 | 335,872 | 480,00 | 4,13 | 100 | 108,4 | 0,45 | 0,002190 | 1,051 | 30,68 | 375,98 | 374,93 | 70,78 | 39,06 |
| PVC | GRAVITATIVO | 133 | + | 0,00 | 335,872 | 150 | + | 0,00 | 314,170 | 340,00 | 4,13 | 100 | 108,4 | 0,45 | 0,002190 | 0,745 | -21,70 | 374,93 | 374,18 | 39,06 | 60,01 |
| PVC | GRAVITATIVO | 150 | + | 0,00 | 314,170 | 189 | + | 0,00 | 351,064 | 780,00 | 4,13 | 100 | 108,4 | 0,45 | 0,002190 | 1,708 | 36,89 | 374,18 | 372,47 | 60,01 | 21,41 |
| PVC | GRAVITATIVO | 189 | + | 0,00 | 351,064 | 209 | + | 0,00 | 330,180 | 400,00 | 4,13 | 100 | 108,4 | 0,45 | 0,002190 | 0,876 | -20,88 | 372,47 | 371,60 | 21,41 | 41,42 |
| PVC | GRAVITATIVO | 209 | + | 0,00 | 330,180 | 219 | + | 0,00 | 334,900 | 200,00 | 4,13 | 100 | 108,4 | 0,45 | 0,002190 | 0,438 | 4,72 | 371,60 | 371,16 | 41,42 | 36,26 |
| PVC | GRAVITATIVO | 219 | + | 0,00 | 334,900 | 227 | + | 0,00 | 329,280 | 160,00 | 4,13 | 100 | 108,4 | 0,45 | 0,002190 | 0,350 | -5,62 | 371,16 | 370,81 | 36,26 | 41,53 |
| PVC | GRAVITATIVO | 227 | + | 0,00 | 329,280 | 232 | + | 10,50 | 324,540 | 110,50 | 4,13 | 100 | 108,4 | 0,45 | 0,002190 | 0,242 | -4,74 | 370,81 | 370,57 | 41,53 | 46,03 |
| PVC | GRAVITATIVO | 232 | + | 10,50 | 324,540 | 254 | + | 0,00 | 312,120 | 429,50 | 4,13 | 100 | 108,4 | 0,45 | 0,002190 | 0,941 | -12,42 | 370,57 | 369,63 | 46,03 | 57,51 |
| PVC | GRAVITATIVO | 254 | + | 0,00 | 312,120 | 264 | + | 13,00 | 305,300 | 213,00 | 4,13 | 100 | 108,4 | 0,45 | 0,002190 | 0,467 | -6,82 | 369,63 | 369,16 | 57,51 | 63,86 |
| TOTAL | | | | | | | | | | 5.312,65 | | | | | | 12,81 | -14,70 | | | | |

Obs: Estaca 18'+4,35 = Estaca 24+10,00 / Estaca 42+5,30 = Estaca 35+0,00

KL ENGENHARIA  MA|BE Infra-estrutura e Serviços S/C LTDA  enerconsult s.a. ARCADIS

QUADRO 2.3.A - CÁLCULO DAS PERDAS DE CARGA E DAS COTAS PIEZOMÉTRICAS DA ADUTORA DE GRANJEIRO - 3ª ETAPA
ADUTORA DE ÁGUA BRUTA - AAB (RESERVATÓRIO NO NA MÍNIMO)

| TRECHO | TRECHO | ESTACA | | | TN | ESTACA | | | TN | DIST. (m) | VAZÃO (L/s) | DIAM. NOMINAL (mm) | DIAM. INT. (mm) | VEL. (m/s) | PERDA CARGA UNIT.(m) | PERDA CARGA TOTAL(m) | DESN. (m) | COTA PIEZ. (m) | | CARGA (mca) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | INICIAL | FINAL | INICIAL | FINAL |
| PEAD | PRESSURIZADO | 0 | + | 0,00 | 308,000 | 12 | + | 0,00 | 322,000 | 240,00 | 5,03 | 110 | 85,4 | 0,88 | 0,010264 | 2,463 | 14,00 | 382,86 | 380,39 | 74,86 | 58,39 |
| | | 12 | + | 0,00 | 322,000 | 18 | + | 4,35 | 375,002 | 124,35 | 5,03 | 100 | 108,4 | 0,55 | 0,003151 | 0,392 | 53,00 | 380,39 | 380,00 | 58,39 | 5,00 |
| | | 24 | + | 10,00 | 375,002 | 30 | + | 0,00 | 375,259 | 110,00 | 5,03 | 100 | 108,4 | 0,55 | 0,003151 | 0,347 | 0,26 | 380,00 | 379,66 | 5,00 | 4,40 |
| | | 30 | + | 0,00 | 375,259 | 42 | + | 5,30 | 375,006 | 245,30 | 5,03 | 100 | 108,4 | 0,55 | 0,003151 | 0,773 | -0,25 | 379,66 | 378,88 | 4,40 | 3,88 |
| | | 35 | + | 0,00 | 375,006 | 49 | + | 5,00 | 342,339 | 285,00 | 5,03 | 100 | 108,4 | 0,55 | 0,003151 | 0,898 | -32,67 | 378,88 | 377,99 | 3,88 | 35,65 |
| | | 49 | + | 5,00 | 342,339 | 87 | + | 0,00 | 317,555 | 755,00 | 5,03 | 100 | 108,4 | 0,55 | 0,003151 | 2,379 | -24,78 | 377,99 | 375,61 | 35,65 | 58,05 |
| | | 87 | + | 0,00 | 317,555 | 95 | + | 0,00 | 325,615 | 160,00 | 5,03 | 100 | 108,4 | 0,55 | 0,003151 | 0,504 | 8,06 | 375,61 | 375,10 | 58,05 | 49,49 |
| PVC | GRAVITATIVO | 95 | + | 0,00 | 325,615 | 109 | + | 0,00 | 305,195 | 280,00 | 5,03 | 100 | 108,4 | 0,55 | 0,003151 | 0,882 | -20,42 | 375,10 | 374,22 | 49,49 | 69,02 |
| | | 109 | + | 0,00 | 305,195 | 133 | + | 0,00 | 335,872 | 480,00 | 5,03 | 100 | 108,4 | 0,55 | 0,003151 | 1,513 | 30,68 | 374,22 | 372,71 | 69,02 | 36,83 |
| | | 133 | + | 0,00 | 335,872 | 150 | + | 0,00 | 314,170 | 340,00 | 5,03 | 100 | 108,4 | 0,55 | 0,003151 | 1,071 | -21,70 | 372,71 | 371,64 | 36,83 | 57,47 |
| | | 150 | + | 0,00 | 314,170 | 189 | + | 0,00 | 351,064 | 780,00 | 5,03 | 100 | 108,4 | 0,55 | 0,003151 | 2,458 | 36,89 | 371,64 | 369,18 | 57,47 | 18,11 |
| | | 189 | + | 0,00 | 351,064 | 209 | + | 0,00 | 330,180 | 400,00 | 5,03 | 100 | 108,4 | 0,55 | 0,003151 | 1,260 | -20,88 | 369,18 | 367,92 | 18,11 | 37,74 |
| | | 209 | + | 0,00 | 330,180 | 219 | + | 0,00 | 334,900 | 200,00 | 5,03 | 100 | 108,4 | 0,55 | 0,003151 | 0,630 | 4,72 | 367,92 | 367,29 | 37,74 | 32,39 |
| | | 219 | + | 0,00 | 334,900 | 227 | + | 0,00 | 329,280 | 160,00 | 5,03 | 100 | 108,4 | 0,55 | 0,003151 | 0,504 | -5,62 | 367,29 | 366,78 | 32,39 | 37,50 |
| | | 227 | + | 0,00 | 329,280 | 232 | + | 10,50 | 324,540 | 110,50 | 5,03 | 100 | 108,4 | 0,55 | 0,003151 | 0,348 | -4,74 | 366,78 | 366,43 | 37,50 | 41,89 |
| | | 232 | + | 10,50 | 324,540 | 254 | + | 0,00 | 312,120 | 429,50 | 5,03 | 100 | 108,4 | 0,55 | 0,003151 | 1,353 | -12,42 | 366,43 | 365,08 | 41,89 | 52,96 |
| | | 254 | + | 0,00 | 312,120 | 264 | + | 13,00 | 305,300 | 213,00 | 5,03 | 100 | 108,4 | 0,55 | 0,003151 | 0,671 | -6,82 | 365,08 | 364,41 | 52,96 | 59,11 |
| TOTAL | | | | | | | | | | 5.312,65 | | | | | | 18,45 | -2,70 | | | | |

Obs: Estaca 18'+4,35 = Estaca 24+10,00 / Estaca 42+5,30 = Estaca 35+0,00

KL ENGENHARIA  MA|BE Infra-estrutura e Serviços S/C LTDA  enerconsult s.a. ARCADIS

QUADRO 2.3.B - CÁLCULO DAS PERDAS DE CARGA E DAS COTAS PIEZOMÉTRICAS DA ADUTORA DE GRANJEIRO - 3ª ETAPA
ADUTORA DE ÁGUA BRUTA - AAB (RESERVATÓRIO NO NA MÁXIMO)

| TRECHO | TRECHO | ESTACA | | | TN | ESTACA | | | TN | DIST. (m) | VAZÃO (L/s) | DIAM. NOMINAL (mm) | DIAM. INT. (mm) | VEL. (m/s) | PERDA CARGA UNIT.(m) | PERDA CARGA TOTAL(m) | DESN. (m) | COTA PIEZ. (m) | | CARGA (mca) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | INICIAL | FINAL | INICIAL | FINAL |
| PEAD | PRESSURIZADO | 0 | + | 0,00 | 320,000 | 12 | + | 0,00 | 322,000 | 240,00 | 5,03 | 110 | 85,4 | 0,88 | 0,010264 | 2,463 | 2,00 | 382,86 | 380,39 | 62,86 | 58,39 |
| PVC | PRESSURIZADO | 12 | + | 0,00 | 322,000 | 18 | + | 4,35 | 375,002 | 124,35 | 5,03 | 100 | 108,4 | 0,55 | 0,003151 | 0,392 | 53,00 | 380,39 | 380,00 | 58,39 | 5,00 |
| PVC | GRAVITATIVO | 24 | + | 10,00 | 375,002 | 30 | + | 0,00 | 375,259 | 110,00 | 5,03 | 100 | 108,4 | 0,55 | 0,003151 | 0,347 | 0,26 | 380,00 | 379,66 | 5,00 | 4,40 |
| PVC | GRAVITATIVO | 30 | + | 0,00 | 375,259 | 42 | + | 5,30 | 375,006 | 245,30 | 5,03 | 100 | 108,4 | 0,55 | 0,003151 | 0,773 | -0,25 | 379,66 | 378,88 | 4,40 | 3,88 |
| PVC | GRAVITATIVO | 35 | + | 0,00 | 375,006 | 49 | + | 5,00 | 342,339 | 285,00 | 5,03 | 100 | 108,4 | 0,55 | 0,003151 | 0,898 | -32,67 | 378,88 | 377,99 | 3,88 | 35,65 |
| PVC | GRAVITATIVO | 49 | + | 5,00 | 342,339 | 87 | + | 0,00 | 317,555 | 755,00 | 5,03 | 100 | 108,4 | 0,55 | 0,003151 | 2,379 | -24,78 | 377,99 | 375,61 | 35,65 | 58,05 |
| PVC | GRAVITATIVO | 87 | + | 0,00 | 317,555 | 95 | + | 0,00 | 325,615 | 160,00 | 5,03 | 100 | 108,4 | 0,55 | 0,003151 | 0,504 | 8,06 | 375,61 | 375,10 | 58,05 | 49,49 |
| PVC | GRAVITATIVO | 95 | + | 0,00 | 325,615 | 109 | + | 0,00 | 305,195 | 280,00 | 5,03 | 100 | 108,4 | 0,55 | 0,003151 | 0,882 | -20,42 | 375,10 | 374,22 | 49,49 | 69,02 |
| PVC | GRAVITATIVO | 109 | + | 0,00 | 305,195 | 133 | + | 0,00 | 335,872 | 480,00 | 5,03 | 100 | 108,4 | 0,55 | 0,003151 | 1,513 | 30,68 | 374,22 | 372,71 | 69,02 | 36,83 |
| PVC | GRAVITATIVO | 133 | + | 0,00 | 335,872 | 150 | + | 0,00 | 314,170 | 340,00 | 5,03 | 100 | 108,4 | 0,55 | 0,003151 | 1,071 | -21,70 | 372,71 | 371,64 | 36,83 | 57,47 |
| PVC | GRAVITATIVO | 150 | + | 0,00 | 314,170 | 189 | + | 0,00 | 351,064 | 780,00 | 5,03 | 100 | 108,4 | 0,55 | 0,003151 | 2,458 | 36,89 | 371,64 | 369,18 | 57,47 | 18,11 |
| PVC | GRAVITATIVO | 189 | + | 0,00 | 351,064 | 209 | + | 0,00 | 330,180 | 400,00 | 5,03 | 100 | 108,4 | 0,55 | 0,003151 | 1,260 | -20,88 | 369,18 | 367,92 | 18,11 | 37,74 |
| PVC | GRAVITATIVO | 209 | + | 0,00 | 330,180 | 219 | + | 0,00 | 334,900 | 200,00 | 5,03 | 100 | 108,4 | 0,55 | 0,003151 | 0,630 | 4,72 | 367,92 | 367,29 | 37,74 | 32,39 |
| PVC | GRAVITATIVO | 219 | + | 0,00 | 334,900 | 227 | + | 0,00 | 329,280 | 160,00 | 5,03 | 100 | 108,4 | 0,55 | 0,003151 | 0,504 | -5,62 | 367,29 | 366,78 | 32,39 | 37,50 |
| PVC | GRAVITATIVO | 227 | + | 0,00 | 329,280 | 232 | + | 10,50 | 324,540 | 110,50 | 5,03 | 100 | 108,4 | 0,55 | 0,003151 | 0,348 | -4,74 | 366,78 | 366,43 | 37,50 | 41,89 |
| PVC | GRAVITATIVO | 232 | + | 10,50 | 324,540 | 254 | + | 0,00 | 312,120 | 429,50 | 5,03 | 100 | 108,4 | 0,55 | 0,003151 | 1,353 | -12,42 | 366,43 | 365,08 | 41,89 | 52,96 |
| PVC | GRAVITATIVO | 254 | + | 0,00 | 312,120 | 264 | + | 13,00 | 305,300 | 213,00 | 5,03 | 100 | 108,4 | 0,55 | 0,003151 | 0,671 | -6,82 | 365,08 | 364,41 | 52,96 | 59,11 |
| TOTAL | | | | | | | | | | 5.312,65 | | | | | | 18,45 | -14,70 | | | | |

Obs: Estaca 18'+4,35 = Estaca 24+10,00 / Estaca 42+5,30 = Estaca 35+0,00

## QUADRO 2.4 – PERDAS DE CARGA DISTRIBUÍDAS E LOCALIZADAS DA EEAB

| PEÇA | K | DN (mm) | 1º ETAPA | | | 2º ETAPA | | | 3º ETAPA | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Q (L/s) | V.(m/s) | Hf (m) | Q (L/s) | V.(m/s) | Hf (m) | Q (L/s) | V.(m/s) | Hf (m) |
| Válvula de pé com Crivo | 0,75 | 100 | 3,39 | 0,43 | 0,10 | 4,13 | 0,53 | 0,10 | 5,03 | 0,64 | 0,10 |
| Toco L=1,00m | | 100 | 3,39 | 0,43 | 0,10 | 4,13 | 0,53 | 0,10 | 5,03 | 0,64 | 0,10 |
| Curvas de 90º | 0,40 | 100 | 3,39 | 0,43 | 0,10 | 4,13 | 0,53 | 0,10 | 5,03 | 0,64 | 0,10 |
| Redução excêntrica | 0,15 | 80 | 3,39 | 0,67 | 0,10 | 4,13 | 0,82 | 0,10 | 5,03 | 1,00 | 0,10 |
| **Total na sucção (Hfs)** | | | | | **0,40** | | | **0,40** | | | **0,40** |
| Redução normal | 0,30 | 50 | 3,39 | 1,73 | 0,10 | 4,13 | 2,10 | 0,10 | 5,03 | 2,56 | 0,20 |
| Curvas de 90º | 0,40 | 100 | 3,39 | 0,43 | 0,10 | 4,13 | 0,53 | 0,10 | 5,03 | 0,64 | 0,10 |
| Toco L=1,00m | | 100 | 3,39 | 0,43 | 0,10 | 4,13 | 0,53 | 0,10 | 5,03 | 0,64 | 0,10 |
| Curvas de 90º | 0,40 | 100 | 3,39 | 0,43 | 0,10 | 4,13 | 0,53 | 0,10 | 5,03 | 0,64 | 0,10 |
| Toco L=1,00m | | 100 | 3,39 | 0,43 | 0,10 | 4,13 | 0,53 | 0,10 | 5,03 | 0,64 | 0,10 |
| Curvas de 90º | 0,40 | 100 | 3,39 | 0,43 | 0,10 | 4,13 | 0,53 | 0,10 | 5,03 | 0,64 | 0,10 |
| Válvula de retenção | 2,50 | 100 | 3,39 | 0,43 | 0,10 | 4,13 | 0,53 | 0,10 | 5,03 | 0,64 | 0,10 |
| Registro de gaveta | 0,20 | 100 | 3,39 | 0,43 | 0,10 | 4,13 | 0,53 | 0,10 | 5,03 | 0,64 | 0,10 |
| Toco L=1,00m | | 100 | 3,39 | 0,43 | 0,10 | 4,13 | 0,53 | 0,10 | 5,03 | 0,64 | 0,10 |
| Curva de 90º | 0,60 | 100 | 3,39 | 0,43 | 0,10 | 4,13 | 0,53 | 0,10 | 5,03 | 0,64 | 0,10 |
| **Total no barrilete (Hfb)** | | | | | **1,00** | | | **1,00** | | | **1,10** |

d) Determinação da Hman

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

Hman = Hs+Hfs+Hfb+PI

2.1.2.2 – Potência dos Motores

A potência dos conjuntos motobomba foi calculada pela expressão:

$$P = \frac{y \times Q \times Hman}{75 \times n} \times FS$$

Onde:

P = Potência (CV);

y = Peso específico da água (1000kgf/cm$^3$);

Q = Vazão máxima diária (m$^3$/s);

Hman = Altura manométrica (m);

n = Rendimento da bomba (%);

FS = Fator de serviço.

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

KL ENGENHARIA MA|BE Infra-estrutura e Serviços S/C LTDA enerconsult s.a. ARCADIS

## QUADRO 2.5.A - DIMENSIONAMENTO DAS BOMBAS DA EEAB (FLUTUANTE)
## NÍVEL MÍNIMO NO RESERVATÓRIO

| ETAPA | 1ª ETAPA | 2ª ETAPA | 3ª ETAPA |
|---|---|---|---|
| VAZÃO TOTAL (l/s) | 3,39 | 4,13 | 5,03 |
| NÚMERO DE BOMBAS | 1 | 1 | 1 |
| VAZÃO POR BOMBA (l/s) | 3,39 | 4,13 | 5,03 |
| | | | |
| CÁLCULO DA ALTURA MONOMÉTRICA (Hman) | | | |
| | | | |
| SUCÇÃO | | | |
| Desnível geométrico (m) | 0,80 | 0,80 | 0,80 |
| Perdas em tocos e conexões (m) | 0,40 | 0,40 | 0,40 |
| Altura vacuométrica (m) | 1,20 | 1,20 | 1,20 |
| | | | |
| RECALQUE | | | |
| Perdas no barrilete | 1,00 | 1,00 | 1,10 |
| Carga na saída da adutora (m) | 73,37 | 73,97 | 74,86 |
| Altura manométrica (m) | 74,37 | 74,97 | 75,96 |
| | | | |
| Total(m) | 75,57 | 76,17 | 77,16 |
| Altura manométrica (m.c.a)* | 80,57 | 81,17 | 82,16 |
| | | | |
| CARACTERÍSTICA DA BOMBA ADOTADA | | | |
| Tipo | Centrífuga | Centrífuga | Centrífuga |
| Vazão unitária (l/s) | 3,39 | 4,13 | 5,03 |
| Altura manométrica (m) | 81,00 | 82,00 | 83,00 |
| Rendimento (%) | 42 | 50 | 57 |
| Potência do motor calculada (CV) | 10,40 | 10,73 | 11,13 |
| NPSH disponível (m) | 8,12 | 8,12 | 8,12 |
| NPSH requerido (m) | 2,50 | 2,90 | 3,30 |
| Rotor (mm) | 220 | 220 | 220 |
| Modelo da bomba | K-50-40-238 | K-50-40-238 | K-50-40-238 |
| | | | |
| CARACTERÍSTICA DO MOTOR | | | |
| Potência do motor adotada (CV) | 12,5 | 12,5 | 12,5 |
| RPM | 3500 | 3500 | 3500 |
| POLO | II | II | II |

* Corresponde ao total mais 10%, tendo como limite, no mínimo 3,0 e no máximo 5,0m; segundo recomendação da SRH.

2.1.2.3 – Curva da Bomba x Curva do Sistema

Para demonstrar a compatibilidade do equipamento de bombeamento indicado com as características operacionais do sistema, elaborou-se o gráfico Curva da Bomba x Curva do Sistema considerando os níveis máximo e mínimo de operação do açude, conforme se mostra em seguida:

- Curva do Sistema

  $Hman = H_0 + kQ^2$

- Característica do sistema da 1ª Etapa

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

$$k = \frac{81 - 72{,}00}{(12{,}20)^2} \therefore k = 0{,}060479$$

Q = 12,20 m³/h

Hman = 81,0 m

$H_0$ = 72,00 m

- Característica do sistema da 2ª Etapa

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

$$k = \frac{82 - 72{,}00}{(14{,}87)^2} \therefore k = 0{,}045224$$

Q = 14,87 m³/h

Hman = 82,0 m

$H_0$ = 72,00 m

- Característica do sistema da 3ª Etapa

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

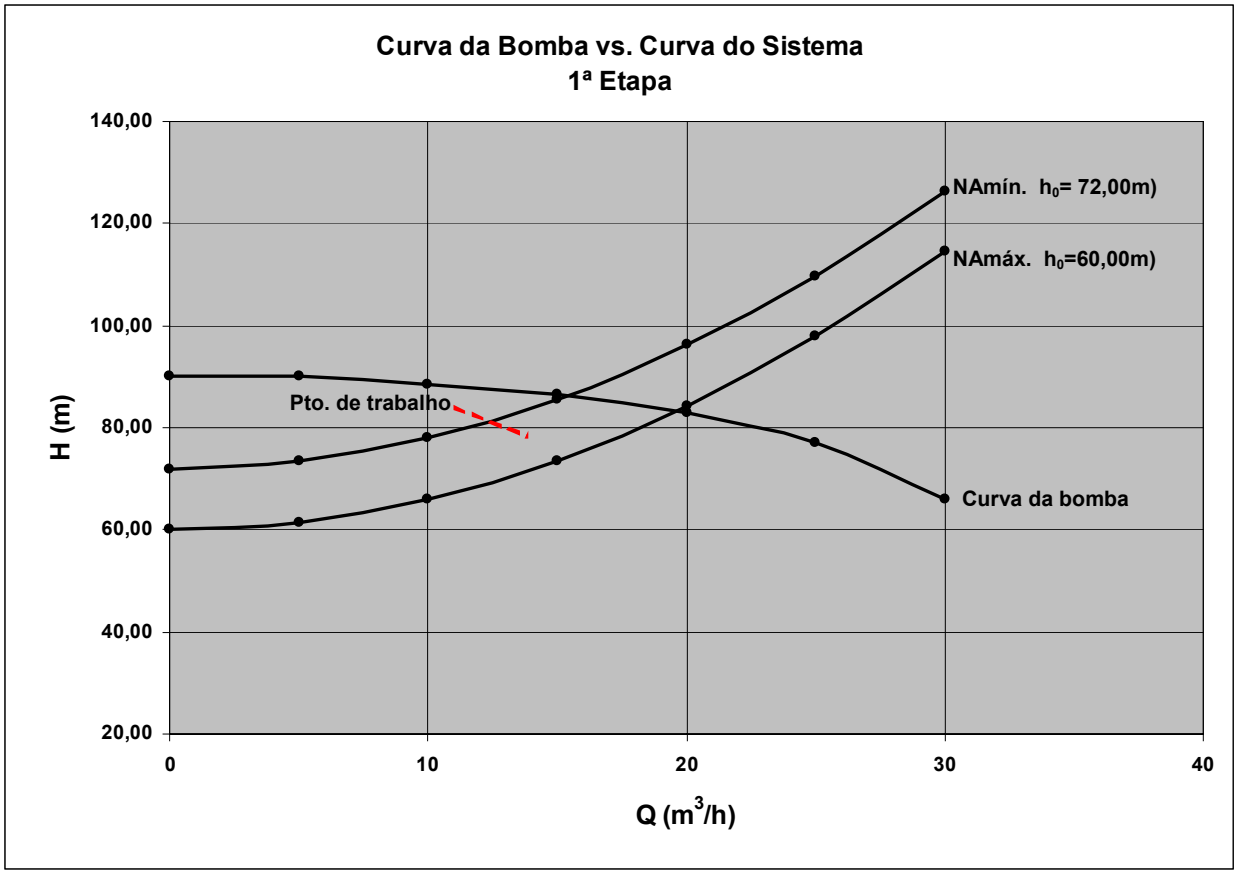
$$k = \frac{83 - 72{,}00}{(18{,}12)^2} \therefore k = 0{,}033479$$

Q = 18,12 m³/h

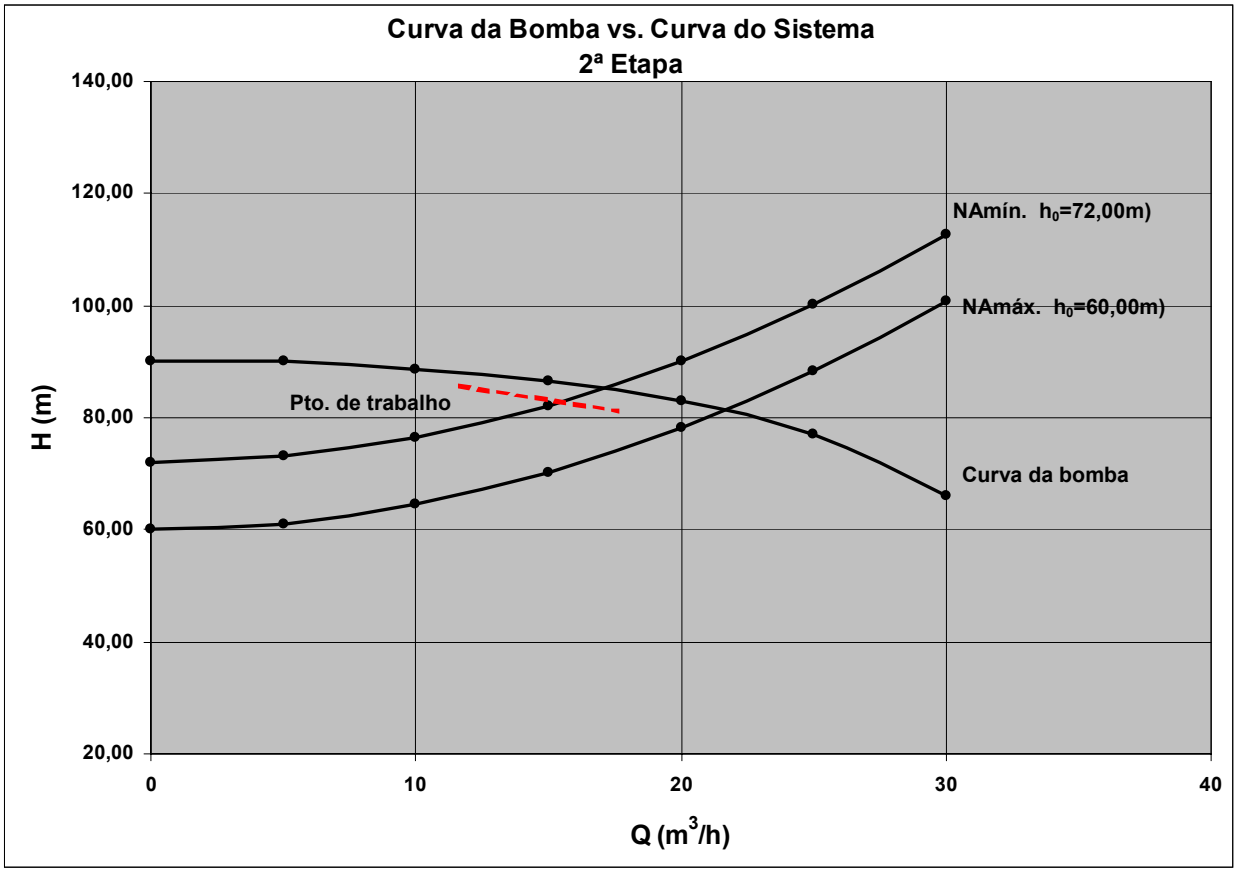
Hman = 83,0 m

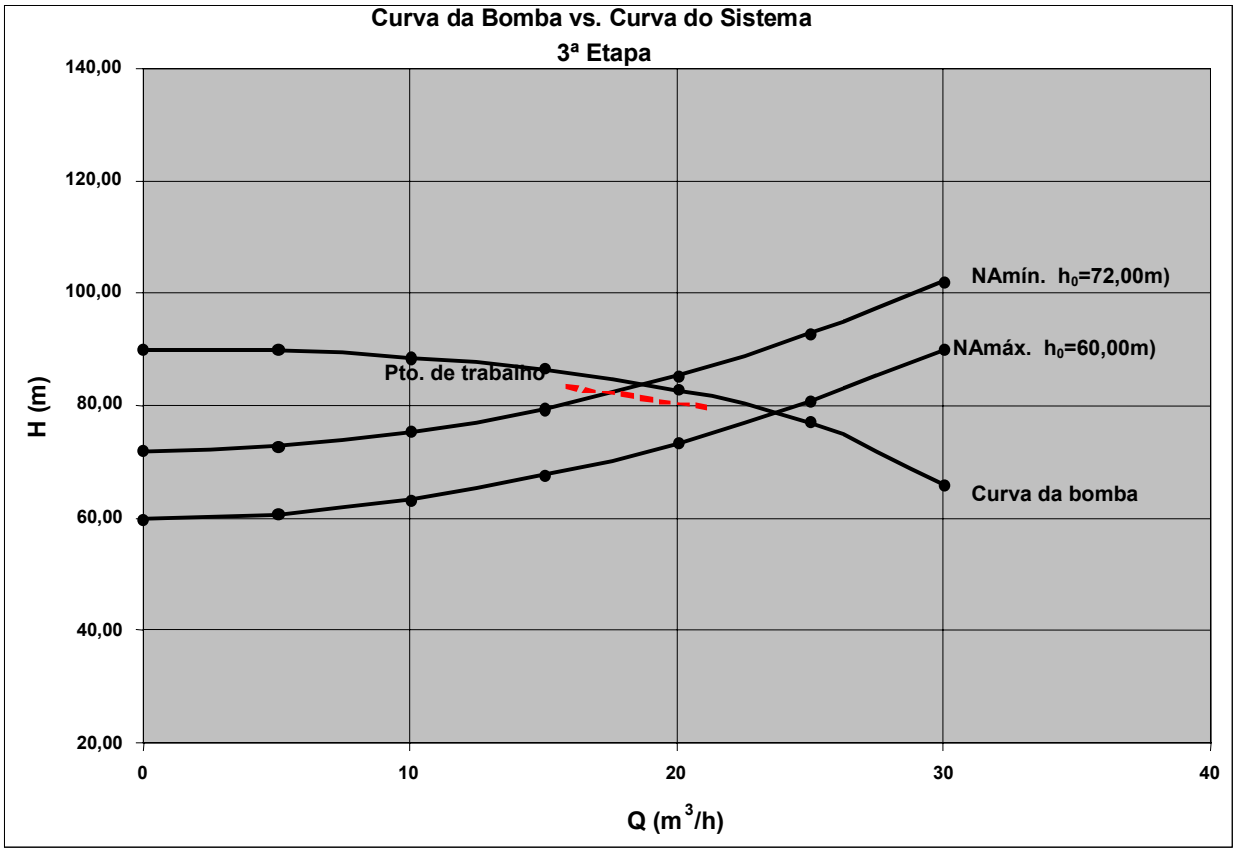
$H_0$ = 72,00 m

| VAZÃO Q (m³/ h) | BOMBA | | | SISTEMA | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1° ETAPA | 2° ETAPA | 3° ETAPA | 1° ETAPA | | 2° ETAPA | | 3° ETAPA | |
| | H (m) | H (m) | H (m) | H (m) p/ Ho=72,00 | H (m) p/ Ho=60,00 | H (m) p/ Ho=72,00 | H (m) p/ Ho=60,00 | H (m) p/ Ho=72,00 | H (m) p/ Ho=60,00 |
| 0 | 90,00 | 90,00 | 90,00 | 72,00 | 60,00 | 72,00 | 60,00 | 72,00 | 60,00 |
| 5 | 90,00 | 90,00 | 90,00 | 73,51 | 61,51 | 73,13 | 61,13 | 72,84 | 60,84 |
| 10 | 88,50 | 88,50 | 88,50 | 78,05 | 66,05 | 76,53 | 64,52 | 75,35 | 63,35 |
| 15 | 86,50 | 86,50 | 86,50 | 85,61 | 73,61 | 82,18 | 70,18 | 79,54 | 67,53 |
| 20 | 83,00 | 83,00 | 83,00 | 96,19 | 84,19 | 90,09 | 78,09 | 85,39 | 73,39 |
| 25 | 77,00 | 77,00 | 77,00 | 109,80 | 97,80 | 100,27 | 88,27 | 92,93 | 80,92 |
| 30 | 66,00 | 66,00 | 66,00 | 126,43 | 114,43 | 112,70 | 100,70 | 102,13 | 90,13 |




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


Curva da Bomba vs. Curva do Sistema
2ª Etapa
140,00
120,00
100,00
80,00
60,00
40,00
20,00
H (m)
0
10
20
30
40
Q (m3/h)
NAmín. h0=72,00m)
NAmáx. h0=60,00m)
Pto. de trabalho
Curva da bomba


Curva da Bomba vs. Curva do Sistema
3ª Etapa
140,00
120,00
100,00
80,00
60,00
40,00
20,00
H (m)
0
10
20
30
40
Q (m3/h)
NAmín. h0=72,00m)
NAmáx. h0=60,00m)
Pto. de trabalho
Curva da bomba

2.1.2.4 – Cavitação

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

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) x 1,20

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

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

Conforme o **Quadro 2.5**:

NPSH(d) da 1ª ETAPA = 8,12 m

NPSH(d) da 2ª ETAPA = 8,12 m

NPSH(d) da 3ª ETAPA = 8,12 m

Logo temos:

- Verificação quanto as condições operacionais da 1ª ETAPA

  8,12 > 2,50 + 0,50 = 3,00

  8,12 > 2,50 X 1,20 = 3,00

- Verificação quanto as condições operacionais da 2ª ETAPA

  8,12 > 2,90 + 0,50 = 3,40

  8,12 > 2,90 X 1,20 = 3,48

- Verificação quanto as condições operacionais da 3ª ETAPA

  8,12 > 3,30 + 0,50 = 3,80

  8,12 > 3,30 X 1,20 = 3,96

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

## 2.2 – ADUÇÃO

### 2.2.1 – Estudo do Diâmetro Econômico da Adutora

#### 2.2.1.1 – Critérios Adotados

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

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

Foram feitas 04 (quatro) simulações com diâmetros distintos, tendo como base para a escolha a fórmula de Bresse, ou seja:

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

Vale ressaltar que, para maior precisão dos resultados, utilizou-se o diâmetro interno dos tubos nos cálculos de perdas de carga nas tubulações.

#### 2.2.1.2 – Metodologia e Parâmetros de Dimensionamento

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

- Ano de início do projeto .....2006
- Ano final do projeto.....2036
- Tarifas fixadas pela resolução ANEEL Nº 112, de 20/04/2004, com aplicação a partir do dia 22/04/2004 com ICMS de 27,0 %.
- Tarifa de consumo (tc).....0,18643 R$/kWh
- Tarifa de demanda (td) .....12,16 R$/kWmês
- Taxa de juros (tx).....12% a.a

- Horas de funcionamento diário do sistema.....20 h/dia
- Rendimento dos conjuntos motobomba .....70%
- Vazão de recalque da 1ª Etapa .....Q(2016)
- Vazão de recalque da 2ª Etapa .....Q(2026)
- Vazão de recalque da 3ª Etapa .....Q(2036)
- Diâmetro (fórmula Bresse - Q(2036)) .....D(mm)
- Material da tubulação .....PVC

As perdas de carga foram calculadas pela Fórmula Universal, com fator de atrito (f) de Colebrook, conforme apresentado no item 2.1.1.1.

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

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

Onde:

PB = Potência consumida pelo sistema (kW);

$\gamma$ = Peso específico da água (1000 kgf/m$^3$);

Q = Vazão máxima diária (m$^3$/s);

H = Altura manométrica total (m);

n = Rendimento da bomba (70%);

FS = Acréscimo de potência recomendado sobre a potência exigida no eixo da bomba, conforme valores tabelados na literatura técnica.

2.2.1.3 – Simulações

a) Dados

- Adutora .....Adutora de água bruta – AAB
- Extensão.....5.073,00 m
- Vazão máxima diária da 1ª Etapa ($Q_{max.}$ Diária) .3,39 L/s

- Vazão máxima diária da 2ª Etapa ($Q_{max}$ Diária)..4,13 L/s
- Vazão máxima diária da 3ª Etapa ($Q_{max}$ Diária)..5,03 L/s
- Diâmetro (fórmula Bresse – K=1,20) .....0,085 m

b) Resultados

Conforme definido anteriormente, foram estudados 04 (quatro) diâmetros, tendo como base o diâmetro encontrado pela fórmula de Bresse. Assim sendo, simularam-se os diâmetros de 75, 100, 150 e 200 mm. Os custos totais incluindo investimento e energia, sendo este último considerado no período de 30 anos, são apresentados no valor presente com taxa de 12% a.a., e estão resumidos a seguir:

- DN = 75 mm .....R$ 175.594,17
- DN = 100 mm .....R$ 168.445,39
- DN = 150 mm .....R$ 260.974,45
- DN = 200 mm .....R$ 423.763,29

Adotou-se o diâmetro de 100 mm.

As planilhas de cálculo com os resultados e os resumos dos mesmos são apresentados no **Anexo 1**.

### 2.2.2 – Blocos de Ancoragem

Procedeu-se ao cálculo da ancoragem da adutora considerando:

a) Valor do empuxo (E), dado por:

$E = 2\,\mathrm{S}\,\mathrm{P}\,\mathrm{sen}\dfrac{\theta}{2}$, onde:

Onde:

E: Empuxo Hidráulico, Kg;

S: Seção da tubulação em cm²;

P: Pressão interna em kg/cm²;

$\theta$: Ângulo da curva.

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

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

Onde: A: área de contato, cm²;

E: Empuxo Hidráulico, Kg;

$\sigma$ adm: taxa admissível do terreno, Kg/cm²;

As dimensões dos blocos de ancoragem para cada conexão da adutora, constam na planta n.º I-2-RM-AD-GR-08-17-R1.

### 2.2.3 – Movimento de Terra

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

| Categoria | Volume (m³) | (%) |
|---|---|---|
| 1ª | 1.068,00 | 33,00 |
| 2ª | 2.136,00 | 53,00 |
| 3ª | 356,00 | 14,00 |

O volume de areia fina foi estimado em 384,0 m3

### 2.2.4 – Avaliação do Transiente Hidráulico e Equipamento de proteção

Procedeu-se a uma verificação das condições de operação da adutora de água bruta, quando da ocorrência de transiente hidráulico, motivado por paralisação do equipamento de bombeamento, por corte de energia elétrica, com emprego de programa de computador. O software utilizado foi o Ctran, versão 7.0.2, desenvolvido pela Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica, de São Paulo-SP.

Sistema EEAB-AAB-CAIXA DE PASSAGEM: Sem proteção

A simulação efetuada considerou como condições de contorno o equipamento de bombeamento descrito e instalado conforme mencionado em item precedente e um reservatório apoiado, que funcionará como caixa de passagem, a partir do qual a água se escoará por gravidade até a câmara de carga da ETA, na cidade de Granjeiro.

Nas condições de regime permanente, o nível d'água no interior do mencionado reservatório estará 5,0 m acima do nível do terreno natural.

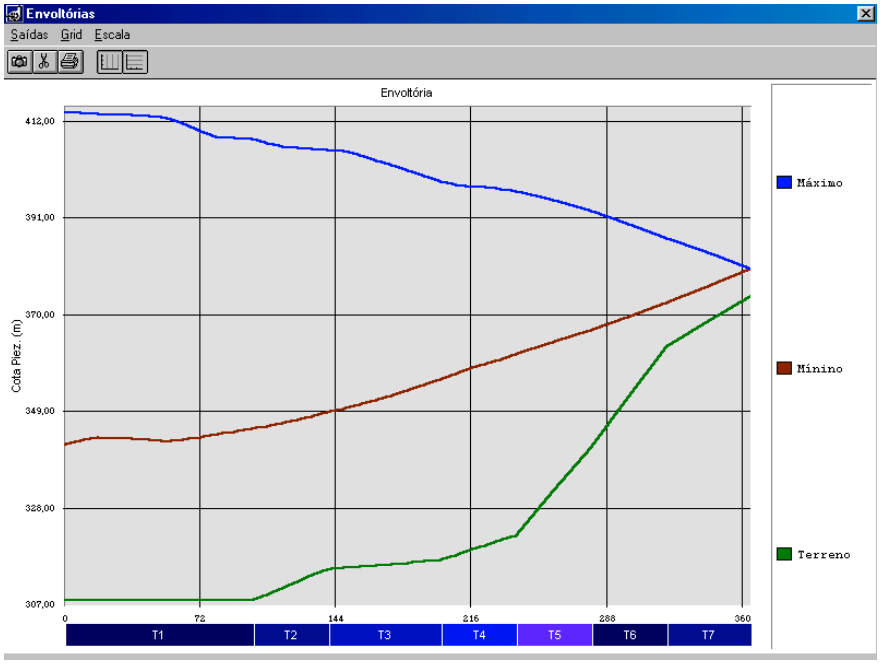
Conforme resultado obtido, como pode ser visto através dos valores constantes do quadro apresentado a seguir e do gráfico abaixo, o sistema, tal com proposto, poderá operar sem dispositivo de proteção com relação a transientes hidráulicos.

## ANÁLISE DO TRANSIENTE HIDRÁULICO DO SISTEMA EEAB-AAB: SEM PROTEÇÃO

| NÓ | COMPRIMENTO (M) | | COTAS PIEZ. (M) | | | CARGA (M) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ENTRE NÓ | NO NÓ | MÁXIMA | MINÍMA | TN | MÁXIMA* | MÍNIMA** | TUBO*** |
| 1 | 0,00 | 0,00 | 412,91 | 341,73 | 308,00 | 104,91 | 33,73 | 160 |
| 2 | 100,00 | 100,00 | 408,24 | 345,27 | 308,00 | 100,24 | 37,27 | 160 |
| 3 | 40,00 | 140,00 | 405,90 | 348,82 | 314,80 | 91,10 | 34,02 | 160 |
| 4 | 60,00 | 200,00 | 399,04 | 356,07 | 316,80 | 82,24 | 39,27 | 160 |
| 5 | 40,00 | 240,00 | 396,82 | 361,42 | 322,10 | 74,72 | 39,32 | 160 |
| 6 | 40,00 | 280,00 | 392,45 | 366,68 | 342,30 | 50,15 | 24,38 | 100 |
| 7 | 40,00 | 320,00 | 386,66 | 372,70 | 364,20 | 22,46 | 8,50 | 100 |
| 8 | 44,35 | 364,35 | 380,00 | 380,00 | 375,00 | 5,00 | 5,00 | 100 |

* Carga máxima do sistema
** Carga mínima do sistema
*** Carga máxima de serviço do tubo

## GRÁFICO DAS ENVOLTÓRIAS SEM PROTEÇÃO




Sistema: CAIXA DE PASSAGEM-AAB-ETA: TRECHO GRAVITÁRIO

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

A fórmula acima citada tem a expressão seguinte:

$$ha = 2LV / gt,$$

Onde: *L* – extensão da tubulação (m);

V – velocidade (m/s)

g – aceleração da gravidade (m/s²);

t – tempo de manobra (s);

ha – sobre-pressão (m)

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

$$T=2L/C$$

Onde: T – período da tubulação (s)

*L* – comprimento da tubulação (neste caso L =4948,30m);

C – celeridade da onda (m/s)

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

Para:

k=18 (tubo de PVC);

D =0,1084 m (diâmetro interno);

e =0,0048 m (espessura da parede do tubo).

Tem-se:

C =464,00 m/s, então,

T=2x4.948,30/464=21,32 s

Fazendo, ha=Ps-Δh, em que,

ha: sobre-pressão admitida

Ps: pressão de serviço do tubo: 1MPa

Δh: diferença de pressão entre N.A. no C.P. e N.A. no C.C..

E tendo-se que t=2LV/gha, vem t=16,17s, que é 5,15 s inferior ao período (T) da tubulação, o que não trará problema na operação de fechamento da adutora face ao modo de execução do mesmo, isto é, operação manual.

## 2.3 – ESTAÇÃO DE TRATAMENTO D'ÁGUA – ETA

### 2.3.1 – Análise Físico-Química da Água

Na seleção do processo mais adequado para tratamento da água bruta, levaram-se em consideração as análises físico-química e bacteriológica de amostra de água coletada no dia 14/10/2004, no riacho do Meio, próximo ao local do barramento, cujo resultado é apresentado no **Quadro 2.6**.

**QUADRO 2.6 – CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIACHO DO MEIO**

| Parâmetros | Índice | |
|---|---|---|
| | Amostra | Limite |
| Turbidez | 2,0 F TU | <5 |
| Cor | 25,0 UH | <15 |
| PH | 7,27 | 6,5– 8,5 |
| Dureza | 89,74mg/LCaC0$^3$ | <500 |
| Cloretos | 35,77 mg Cl-/L | <250 |
| Cloro total | Ausência | 0,2-1,5 |
| Sulfatos | 1,0 mg/L $SO_4^{2-}$ | <400 |
| Ferro total | 0,81 mg Fe/L | <0,3 |
| Nitratos | 1,20 mg/LN | <10 |
| Sólidos Totais | 170,0 mg/L | <1000 |

FONTE: CAGECE - Companhia de Água e Esgoto do Ceará

De acordo com a análise procedida pode-se dizer que a água a ser acumulada no referido açude é utilizável, desde que submetida a tratamento adequado, tendo em vista que os valores referentes a cor e ferro excedem os limites estabelecidos em norma. O alto valor de cor, caracteriza presença de matéria orgânica, possivelmente

resultante da pouca quantidade de água no leito do rio, por ocasião da coleta da amostra, a qual se encontrava estocada em pequenas poças, locais em que, geralmente, se desenvolve intensa atividade microbiana. Vale ressaltar que, após a construção da barragem, deverá ser coletada água da bacia hidráulica deste, com intuito de se obter resultados de análises físico-químicas mais representativos da água a ser tratada.

Tendo em conta que o tratamento da água, que é distribuída à população, é efetuado pela ETA existente, operada pela CAGECE, a qual tem capacidade para atender à demanda da cidade até o horizonte do projeto, deverá ser agregado às suas instalações um dispositivo de aeração, para solucionar o problema resultante do teor de ferro verificado na análise d'água acima mencionada, se, após a construção da barragem Riacho do Meio, análise da água acumulada confirmar o teor de ferro já constatado.

### 2.3.2 – Dimensionamento dos Filtros

a) Parâmetros adotados:

- Q (1ª Etapa) .....3,39 L/s
- Q (2ª Etapa) .....4,13 L/s
- Q (3ªEtapa) .....5,03 L/s
- Tempo Máximo Diário de Operação da ETA (Td).....20 horas
- Taxa de Filtração Máxima Diária (Tf).....120 m³/m² x dia

b) Área Filtrante Total (Aft)

$$\mathrm{Aft} = \frac{\mathrm{Q}}{\mathrm{Tf}} = \frac{0{,}00339 \times 72000}{120} = 2{,}03\mathrm{m}^2 \text{ (1ª Etapa)}$$

$$= \frac{0{,}00413 \times 72000}{120} = 2{,}48\mathrm{m}^2 \text{ (2ª Etapa)}$$

$$= \frac{0{,}00503 \times 72000}{120} = 3{,}02\mathrm{m}^2 \text{ (3ª Etapa)}$$

c) Número mínimo de Unidades Filtrante(N)

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

c $= \frac{72000 \times 3{,}02}{1.000.000} = 0{,}22$ milhões de l/dia (3ª Etapa)

N = 1,4 $\sqrt{0{,}22}$ = 0,65 (3ª Etapa)

Adotar-se-á, portanto, 1 (um) filtro.

d) Área do Filtro (Af)

Af = $\frac{\text{Aft}}{\text{N}} = \frac{3{,}02}{1} = 3{,}02 \text{ m}^2$ (3ª Etapa)

e) Diâmetro de cada Filtro (Df)

Df = $\sqrt{(4 * \text{Af})/\text{PI}} = 1{,}96 \text{ m}$

Adotado o diâmetro de 2,00 m com área filtrante (Afa) de 3,14 $m^2$.

Taxa de Filtração Máxima na 3ª Etapa (Tf)

Tf=((Q/1000)*Td*3600)/(Afa*N) = 115,38 $m^3/m^2$xdia

f) Implantação do filtro

Já existe uma ETA composta de dois filtros de fluxo ascendente com diâmetro de 2,00 m em plena operação na sede do município de Granjeiro, que atende, conforme se observa nos cálculos anteriores, as necessidades do projeto no ano de horizonte. Assim sendo, a adutora de água bruta do presente projeto abastecerá essa ETA, sem necessidade de que se construa uma nova.

### 2.3.3 – Quantidade de Produtos Químicos

A quantidade de produtos químicos necessária para o tratamento d'água deverá seguir os valores apresentados no **Quadro 2.7**.

## 2.4 – RESERVAÇÃO

### 2.4.1 – Critérios de Reservação

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

### 2.4.2 – Dimensionamento da Reservação

2.4.2.1 – Fórmula Utilizada

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

onde: Q - vazão máxima diária (L/s);

Td – Tempo máximo de funcionamento diário.

2.4.2.2 – Dimensionamento

No **Quadro 2.8** fez-se um cotejo entre a capacidade de reservação existente e a necessária para armazenamento diário, onde se constata que não há necessidade de ampliação da reservação na cidade de Granjeiro.

Entra ARQUIVO - QUADROS.XLS/QUADRO 2.7

## QUADRO 2.8 - VOLUMES DE RESERVAÇÃO EXISTENTES E NECESSÁRIOS

| LOCALIDADE | EXISTENTE | | | NECESSÁRIO | | | COMPLEMENTAÇÃO | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | RA | RE | TOTAL | 1º ETAPA | 2º ETAPA | 3º ETAPA | 1º ETAPA | 2º ETAPA | 3º ETAPA |
| Sede do Município | 50,00 | 100,00 | 150,00 | 81,31 | 99,12 | 120,83 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| **TOTAL** | **50,00** | **100,00** | **150,00** | **81,31** | **99,12** | **120,83** | **0,00** | **0,00** | **0,00** |

Os **Quadros 2.9 e 2.10** apresentam o resultado do cálculo do volume de água flutuante, que corresponde a percentual do volume necessário de armazenamento (1/3 da demanda diária) que estará disponível à população por gravidade.

## QUADRO 2.9 – PERCENTUAL DE ÁGUA FLUTUANTE (%)

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

## QUADRO 2.10 – VOLUME DE ÁGUA FLUTUANTE ($M^3$)

| LOCALIDADE | VOLUME FLUTUANTE | | |
|---|---|---|---|
| | 1º ETAPA | 2º ETAPA | 3º ETAPA |
| Sede do Município | 13,55 | 16,52 | 20,14 |
| **TOTAL** | **13,55** | **16,52** | **20,14** |

Analisando os Quadros acima constata-se que, para a cidade de Granjeiro a reservação existente em reservatório elevado já comporta o volume flutuante no ano de horizonte do projeto, assim como a capacidade de reservação total suplanta a demanda d' água no final do projeto.

2.5 – PROJETO ELÉTRICO

**2.5.1 – Objetivo**

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

**2.5.2 – Sistema Elétrico da COELCE**

Tensão primária: 13.800V

Tensão secundária trifásica: 380V

Tensão secundária monofásica: 220V

**2.5.3 – Memória de Cálculo QDLF (Casa de Comando da EEAB)**

2.5.3.1 – Alimentação do Circuito: Iluminação Interna e externa e tomada

a) Dados

Carga:

1 luminária com 2 lâmpadas fluorescentes de 32W/220V ..... 64 W

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

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

Carga total: ..... 189 W

$I_{IL}$ = 0,91 A

L = 3,0 m

U = 220V

Cabo estimado: 1,5mm²

b) Pela Queda de Tensão

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

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

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

c) Proteção do circuito

Ip= 1,15 x 0,91 = 1,05 A

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

2.5.3.2 – Alimentação do Circuito 2: Iluminação do Pátio

a) Dados

Carga:

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

Carga total:.....250 W.

$I_{IL}$ = 1,21 A

L = 20 m

U = 220V

Cabo estimado: 1,5mm²

b) Pela Queda de Tensão

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

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

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

c) Proteção do circuito

Ip= 1,15 x1,12 = 1,39A

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

2.5.3.3 – Alimentador Geral (QGBT ao QDLF)

a) Dados

$I_T$ = 2,12A

U = 380 V

L = 4,0m

Cabo estimado: 1,5mm²

b) Pela Queda de Tensão

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

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

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

c) Proteção da Cablagem de BT

$I_T$ x 1,15 = 2,12 x 1,15 = 2,44 A

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

**2.5.4 – Memória de Cálculo QGBT da EEAB**

2.5.4.1 – Alimentação do Circuito 1: Iluminação do Flutuante

a) Dados

Carga:

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

Carga total: ..... 72 W.

IIL = 0,34 A

L = 240 m

U = 220V

Cabo estimado: 2,5mm²

b) Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{0{,}34 \times 240 \times 0{,}94}{56 \times 2{,}5} = 0{,}55 \text{ V}$$

$$\Delta U\% = \frac{0{,}55}{220} \times 100 = 0{,}25\%$$

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

c) Proteção do Circuito

Ip = 1,15 x 0,34 = 0,4 A

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

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

a) Dados

Carga:

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

Carga total:.....100 W.

$I_{IL}$ = 0,97 A

L = 240 m

U = 220V

Cabo estimado: 2,5mm²

b) Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{0{,}97 \times 240 \times 0{,}94}{56 \times 2{,}5} = 1{,}56\text{V}$$

$$\Delta U\% = \frac{1{,}56}{220} \times 100 = 0{,}71\%$$

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

c) Proteção do circuito

Ip= 1,15 x 0,96 = 1,10A

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

2.5.4.3 – Alimentação do Circuito 3: Tomada de Força no Flutuante

a) Dados

Tomada de força 32 A / 380 V = ..... 10.000 W

TOTAL = ..... 10.000 W

$I_{IL}$ = 16,16 A

L = 240 m

U = 380V

Cabo estimado: 10,0mm²

b) Pela Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{16{,}16 \times \sqrt{3} \times 240 \times 0{,}94}{56 \times 10{,}0} = 11{,}00\text{V}$$

$$\Delta U\% = \frac{11{,}0}{380} \times 100 = 2{,}97\%$$

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

c) Proteção do Circuito

Ip = 1,50 x 16,16 = 24,24A

Adotado o disjuntor termo magnético trifásico 25A.

2.5.4.4 – Alimentação do Circuito 4: Alimentação dos Motores CCM (Flutuante)

a) Dados

P=12,5 CV (1ª, 2ª e 3ª ETAPAS)

$I_M$ = 16,55A

$I_M$ =(1,25 x 16,55) = 20,69A

L = 240m

U = 380V

Cabo estimado = 16 mm²

b) Pela Corrente Nominal dos Motores

P=12,5 CV (1ª, 2ª e 3ª ETAPAS)

$$\Delta U = \frac{16{,}55 \times \sqrt{3} \times 240 \times 0{,}85}{56 \times 16} = 6{,}53\text{V}$$

$$\Delta U\% = \frac{6{,}53}{380} \times 100 = 1{,}71\%$$

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

12,5 CV (1ª, 2ª e 3ª ETAPAS)

$I_P$ =(6 x 16,55)/3 = 33,10A

$$\Delta U = \frac{33{,}10 \times \sqrt{3} \times 240 \times 0{,}85}{56 \times 16} = 13{,}05\text{V}$$

$$\Delta U\% = \frac{13{,}05}{380} \times 100 = 3{,}44\%$$

Logo será adotado para os motores:

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

d) Cálculo da Proteção dos Motores.

P=12,5 CV (1ª, 2ª e 3ª ETAPAS)

Fusível: 1,15 x 16,55A=19,03A

Disjuntor: 1,15 x 16,55A=19,03A

Logo será adotado para os motores:

Disjuntor termomagnético tripolar de 20 A e fusível NH Ultra Rápido de 20A.

2.5.4.5 – Alimentador Geral do CCM (Do QGBT ao CCM)

a) Dados

P=12,5 CV (1ª, 2ª e 3ª ETAPAS)

$I_T$ = (1,25 x 16,55) = 20,68A

$I_T$ = 20,68A

U = 380 V

L = 1m

Cabo estimado: 10 mm²

b) Pela Queda de Tensão

P=12,5 CV (1ª, 2ª e 3ª ETAPAS)

$$\Delta U = \frac{20{,}68 \times \sqrt{3} \times 1 \times 0{,}85}{56 \times 10} = 0{,}06\text{V}$$

$$\Delta U\% = \frac{0{,}06}{380} \times 100 = 0{,}01\%$$

Logo o condutor adotado será 10mm$^2$ para fase, 10mm$^2$ para neutro e 10mm$^2$ para proteção nas três etapas do projeto.

c) Proteção Geral do Alimentador do CCM

$I_T$ x 1,15 = 20,68 x 1,15 = 23,79 A (1ª ETAPA)

Será adotado disjuntor termomagnético trifásico de 25A

2.5.4.6 – Alimentador Geral (Medição ao QGBT)

a) Dados

P=12,5 CV (1ª, 2ª e 3ª ETAPAS)

$I_T$=2,12+0,34+0,97+16,16+16,55

$I_T$ = 36,14A

U = 380 V

L = 5m

Cabo estimado: 10 mm²

b) Pela Queda de Tensão

P=12,5 CV (1ª, 2ª e 3ª ETAPAS)

$$\Delta U = \frac{36{,}14 \times \sqrt{3} \times 5 \times 0{,}85}{56 \times 10} = 0{,}47\text{V}$$

$$\Delta U\% = \frac{0{,}47}{380} \times 100 = 0{,}13\%$$

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

c) Proteção da Cablagem de BT

$I_T$ x 1,15 =36,14 x 1,15 = 41,56A

Será adotado disjuntor termomagnético tripolar de 40A.

2.5.4.7 – Potência do Transformador de Força da EEAB

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

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

| | |
|---|---|
| a = 0,414 | Fu = 1 |
| FP = 0,94 | g = 14,553 KVA |
| b = 0 | Fs = 1 |

c = 0

d = 0

e = 0

f = $\sum$ ( 0,87 x Pnm x Fu ) x Fs

$$D = \frac{0,70 \times 0,414}{0,94} + ((0,87 \times 12,5 \times 1) \times 1) + 14,553$$

D = 0,31 + 10,88 + 14,553 $\Rightarrow$ D = 25,74KVA $\Rightarrow$ Adotado 30 KVA

b) Alimentação do transformador à medição:

O condutor adotado será 16 mm² para fase, 10mm² para neutro.

c) Proteção do Transformador

Será adotado disjuntor termomagnético tripolar de 50A.

# ANEXOS

# ANEXO 1 – ESTUDO DO DIÂMETRO ECONÔMICO

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

PLANILHA (ANEXO 1-RESUMO.XSL)

## ANEXO 2 – CURVAS DE BOMBA

ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA BRUTA - EEAB

1ª, 2ª e 3ª Etapas

¬ ROTOR: 220 mm

MODELO (XEROX)

# ANEXO 3 – TRANSIENTE HIDRÁULICO

**CTran – Software para Análise de Transitórios em Redes de Abastecimento**

**PLANILHA DE ENTRADA DE DADOS**

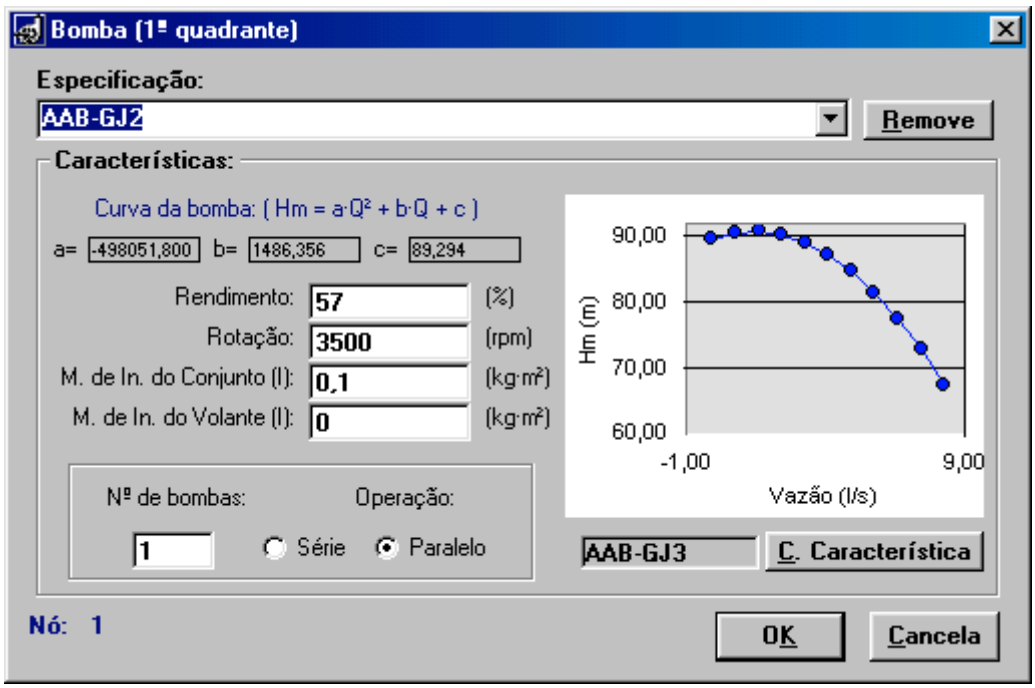
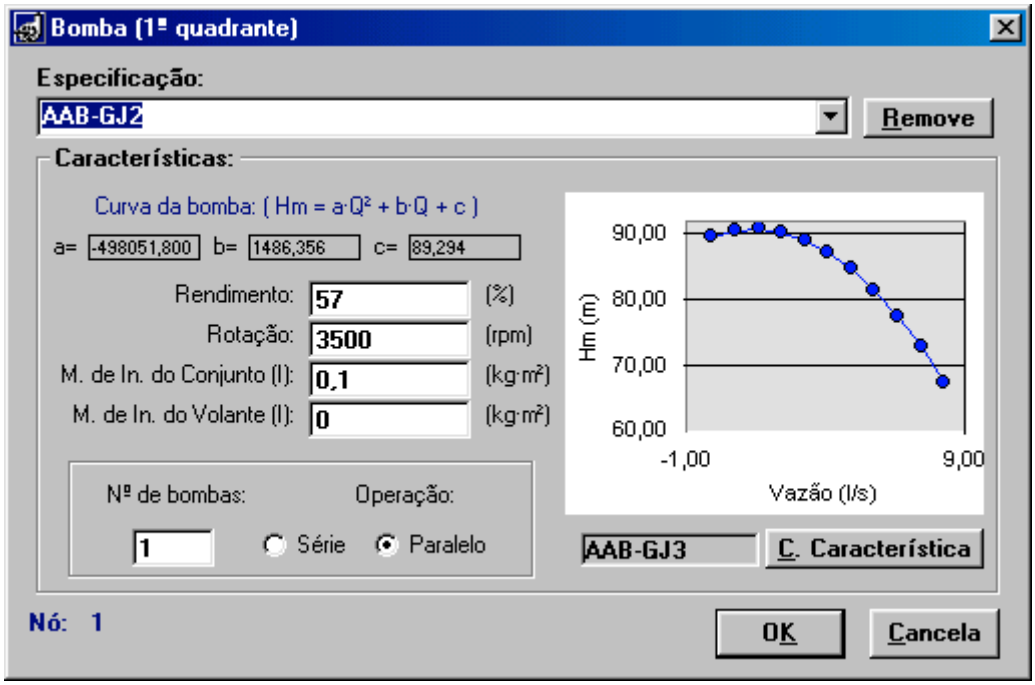
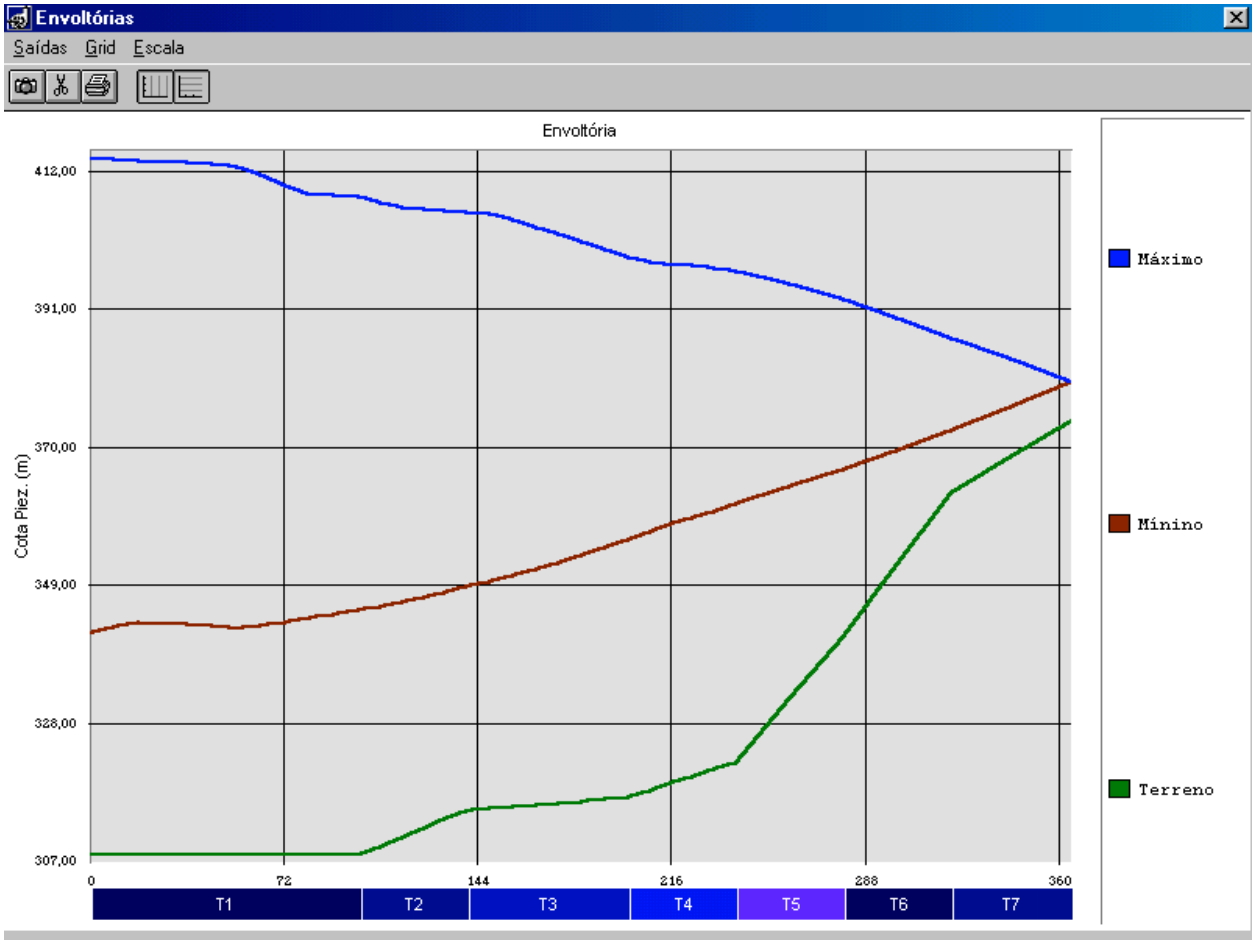



**GRÁFICO DA CURVA CARACTERÍSTICA DA BOMBA DA EEAB**



# AAB – GRÁFICO DAS ENVOLTÓRIAS ( SEM PROTEÇÃO)



# ANEXO 4 – CÁLCULO DE ESTABILIDADE DO FLUTUANTE

## 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. Ver desenho I-2-RM-AD-GR-02/17-R1.

- **Acessórios:**

  - Pórtico manual de 4 m de altura, para 1 ton SWL, para manutenção dos sistemas, fabricado em vigas de aço A-36 tratado, com talha manual de corrente.

  - Sistema de Ancoragem – 4 pontos para o bloco principal, e um ponto para cada um dos módulos de apoio da tubulação; cada ponto de ancoragem será composto de um bloco de concreto.

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

| Descrição | Peso | vcg' (m) | Pxkg | VCG (m) |
|---|---|---|---|---|
| ➢ 2 bombas, com 150 kg de peso líquido cada, com respectivas bases de apoio | 300 | 1,0 | 300 | |
| ➢ Pórtico manual para 1 ton SWL com 4 m de altura | 120 | 2,6 | 312 | |
| ➢ Plataforma flutuante, com acessórios (balaustrada, cabeços, vigas transversais, | 960 | 0,35 | 336 | |
| ➢ Acoplamento (com água nas tubulações) | 1.156 | 1,6 | 1.850 | |
| 2 homens (75 kg cada) | 150 | 1,0 | 150 | |
| SUBTOTAL | 2.686 | | 2.948 | 1,20 |

OBS:

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

**3) CÁLCULO DO CALADO (C)**

Peso do equipamento com água (Pe) = 1.756kg

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

Área do flutuante (A) = 4 x 4 = 16 $m^2$

Como, P=б.V → б: Peso específico da água (1000kg/$m^3$), vem:

C = (Pe/б+Pf/б)/A = ((1.756/1000)+(960/1000))/16 = 0,169 mm

**4) CÁLCULO DA ALTURA METACÊNTRICA (GMi)**

Momento de Inércia Transversal (IT) = ($4x4^3$/12) = 21,33 $m^4$

GMi = IT/Volume de Deslocamento = 21,33 / 2,72 = **7,84 m**

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

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

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

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

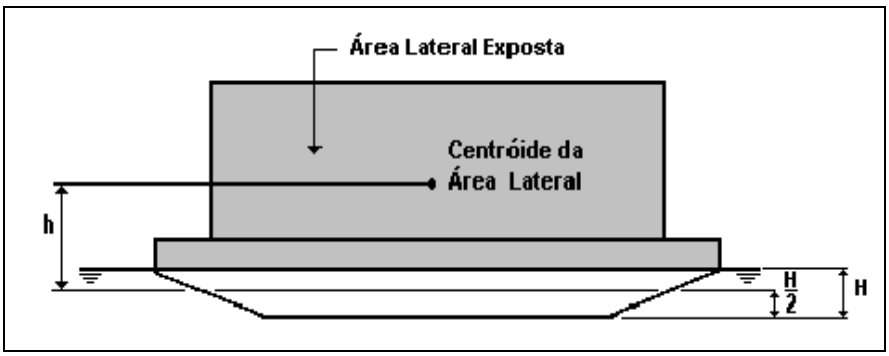



**FIGURA 1.0: Caracterização de Parâmetros do Critério de Estabilidade (Barcaças)**

onde:

$GM_r$ = altura metacêntrica inicial requerida, em m;

A = área lateral projetada da porção da embarcação acima da linha d'água correspondente à condição de carregamento considerada, conforme indicado na Figura 1.0 em $m^2$;

h = distância vertical entre o centróide da área "A" e metade do calado médio para a condição de carregamento considerada, conforme indicado na Figura 1.0 em m;

$\Delta$ = deslocamento da embarcação na condição de carregamento considerada, em t;

$\theta$ = ângulo de inclinação entre a metade superior da borda-livre na condição considerada e o canto superior do convés, ou 14°, adotando-se o menor valor (ver Figura 2.0)

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

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

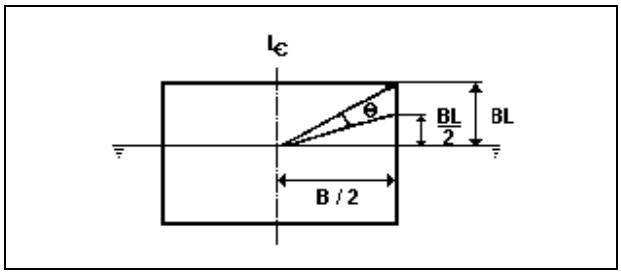



**FIGURA 2.0: Determinação do ângulo θ**

Logo, temos que:

A = {0,6-0,17 (calado definido anteriormente)} x 4,0 = 1,72 $m^2$

$P = 0,055 + (Lpp/1309)^2 = 0,055 + (4/1309)^2 = 0.055 + 0,0000093 = 0,0550093$

h = 0,17/2 + 1,00 (considerando uma carga com centróide de área 1,0 m acima do convés) = 1,08

$\Delta$ = 2.686 t

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

e

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

GMr = (0,0550093 x 1,72 x 1,08) / (2,686 x 0,072) = 0,53 m

**GMr = 0,53 m**

**COMO GMI = 7,84 M, > QUE 0,53 M, CONCLUÍMOS QUE:**

**O FLUTUANTE APRESENTA ESTABILIDADE SATISFATÓRIA PARA O SERVIÇO PRETENDIDO.**