

GOVERNO DO ESTADO



CEARÁ

AVANÇANDO NAS MUDANÇAS

**GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS**

**COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS - COGERH
PROJETO DE DESENVOLVIMENTO, URBANO E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS
PROURB CE**

**PROJETO EXECUTIVO DA ADUTORA DE
AIUABA**

TOMO V

Relatório do Projeto Executivo da Adutora
Volume 1 Relatório Geral e Memorial de Cálculo

AGUASOLOS

FORTALEZA- CE
JUNHO DE 1998

GOVERNO DO ESTADO



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS
COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS - COGERH
PROJETO DE DESENVOLVIMENTO, URBANO E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS
PROURB-CE

PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM
BENGUÊ

TOMO V

RELATÓRIO DO PROJETO EXECUTIVO DA ADUTORA
AIUABA

VOLUME 1

RELATÓRIO GERAL E MEMORIAL DE CÁLCULO

Lote: 00951 - Prep Scan Index

Projeto Nº 0091/05/01/B

Volume 1

Qtd. A4 _____ Qtd. A3 _____

Qtd. A2 _____ Qtd. A1 _____

Qtd. A0 _____ Outros _____

FORTALEZA
JUNHO/98

**PROJETO EXECUTIVO DA
BARRAGEM BENGUÊ**

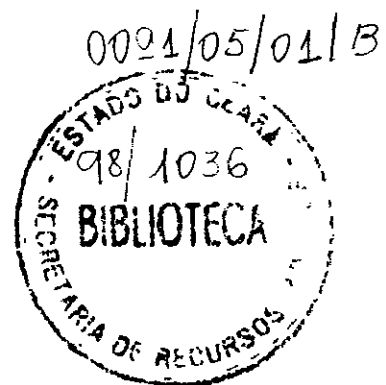
TOMO V

RELATÓRIO DO PROJETO EXECUTIVO DA ADUTORA

VOLUME 1

RELATÓRIO GERAL E MEMORIAL DE CÁLCULO

**FORTALEZA
JUNHO/98**



000003

ÍNDICE

APRESENTAÇÃO.....	3
1 - INTRODUÇÃO.....	6
1 1 - INFORMAÇÕES GERAIS.....	7
1 2 - SISTEMA EXISTENTE.....	7
1 3 - CONCEPÇÃO DO SISTEMA PROPOSTO.....	9
2 - O PROJETO – MEMÓRIA DESCRITIVA.....	11
2 1 - DADOS E PARÂMETROS BÁSICOS.....	12
2.1.1 - Estudo Populacional.....	12
2.1.2 - Parâmetros de Projeto.....	12
2 2 - DESCRIÇÃO DAS UNIDADES DO SISTEMA.....	16
2.2.1 - Captação.....	16
2.2.2 - Adutora de Agua Bruta.....	16
2.2.3 - Estação de Tratamento.....	17
2.2.4 - Estação Elevatória de Agua Tratada.....	17
2.2.5 - Adutora de Agua Tratada.....	18
2.2.6 - Reservação.....	18
2.2.7 - Sistema Elétrico.....	18
2.2.8 - Cadastro.....	19
3 - MEMORIAL DE CÁLCULO.....	20
3 1 - CAPTAÇÃO / ADUÇÃO DE ÁGUA BRUTA.....	21
3 2 - SISTEMA ELÉTRICO.....	35
3.2.1 - Introdução.....	35
3.2.2 - Potência da Subestação - Dimensionamento Elétrico.....	36
3.2.3 - Motores Elétricos.....	37

APRESENTAÇÃO

APRESENTAÇÃO

A documentação aqui apresentada compreende o Relatório Final do Projeto Executivo da Barragem Benguê, desenvolvido nos Termos do Contrato nº 021/97/PROURB/CE/COGERH, firmado entre a AGUASOLOS - Consultora de Engenharia Ltda e a SRH - Secretaria de Recursos Hídricos

O Projeto do Açude BENGUÊ faz parte de um Plano do Governo do Estado do Ceará, em parceria com o Banco Mundial, para implementação estratégica de um conjunto de barragens no próprio Estado, em cumprimento a uma adequada Política de Recursos Hídricos para toda região estadual

O açude BENGUÊ, com uma capacidade armazenável de 19,56 hm³, é um dos açudes escolhidos dentro do elenco de quarenta unidades previstas pelo referido Plano Estadual, devendo ter como função primordial o abastecimento de água da cidade de AIUABA e perenização do riacho Umbuzeiro para fins de irrigação

O projeto do Açude BENGUÊ compreende os seguintes estudos

- Projeto Executivo da Barragem,
- Projeto Executivo da Adutora de AIUABA,
- Plano de Aproveitamento do Açude, com identificação dos usos programados para o reservatório, com ênfase à irrigação de área propícia e a piscicultura,

Em síntese, o Relatório Final está composto dos seguintes documentos

Em síntese, o Relatório Final está composto dos seguintes documentos

Tomo I - Relatório Geral do Projeto Executivo da Barragem.

- Volume 1 - Descrição Geral do Projeto,
- Volume 2 - Quantitativos e Orçamentos,
- Volume 3 - Memória de Cálculo,
- Volume 4 - Especificações Técnicas.
- Volume 5 - Plantas,
- Volume 6 - Relatório Síntese

Tomo II - Relatório dos Estudos Básicos.

- Volume 1 - Estudos Topográficos,
- Volume 2 - Estudos Geológicos e Geotécnicos,
- Volume 3 - Estudos Hidrológicos

1 - INTRODUÇÃO

1 - INTRODUÇÃO

1.1 - INFORMAÇÕES GERAIS

A área do projeto se situa na microregião nº 20 dos Inhamuns, entre as coordenadas 6° 33' 26" e 6° 36' 9" de latitude sul e, 40° 7' 49" e 40° 10' 32" de longitude W Gr

O acesso ao local se faz, partindo de Fortaleza, pela rodovia BR-116 até o entroncamento com a rodovia CE-122, conhecida como Estrada do Algodão, na localidade denominada Triângulo, de onde seguindo-se pela CE-122 se atinge Jucás. A partir desta segue-se pela rodovia CE-284 até Aiuaba passando por Saboeiro. Desta cidade até Aiuaba o percurso é de aproximadamente 30 km, por estrada em revestimento primário

A Figura 1 enfoca a situação e a localização do projeto no contexto estadual

A fonte hídrica do projeto será o açude Benguê, a ser construído. O eixo da barragem situa-se a 4,00 km da sede do município de Aiuaba. Do ponto de vista quantitativo o Açude se apresenta como uma garantia ao sistema proposto, uma vez que a vazão regularizada, da ordem de 199 l/s, é bem superior à demanda no ano de estabilização do projeto (10,36 l/s)

As principais características do Açude Benguê são apresentadas a seguir

• Rio barrado	Umbuzeiro
• Capacidade de acumulação	19 560 000 m ³
• Altura máxima da barragem	23,61 m
• Área da bacia hidráulica	347,93 ha
• Área da bacia hidrográfica	1 062,3 km ²
• Vazão regularizada	0,199 m ³ /s
• Nível d'água máximo	448,70 m
• Nível d'água mínimo	438,70 m

1.2 - SISTEMA EXISTENTE

O sistema atualmente em operação utiliza água proveniente do Açude Camarão, construído pela antiga SOEC, no ano de 1981. O manancial não tem capacidade para atender a demanda atual

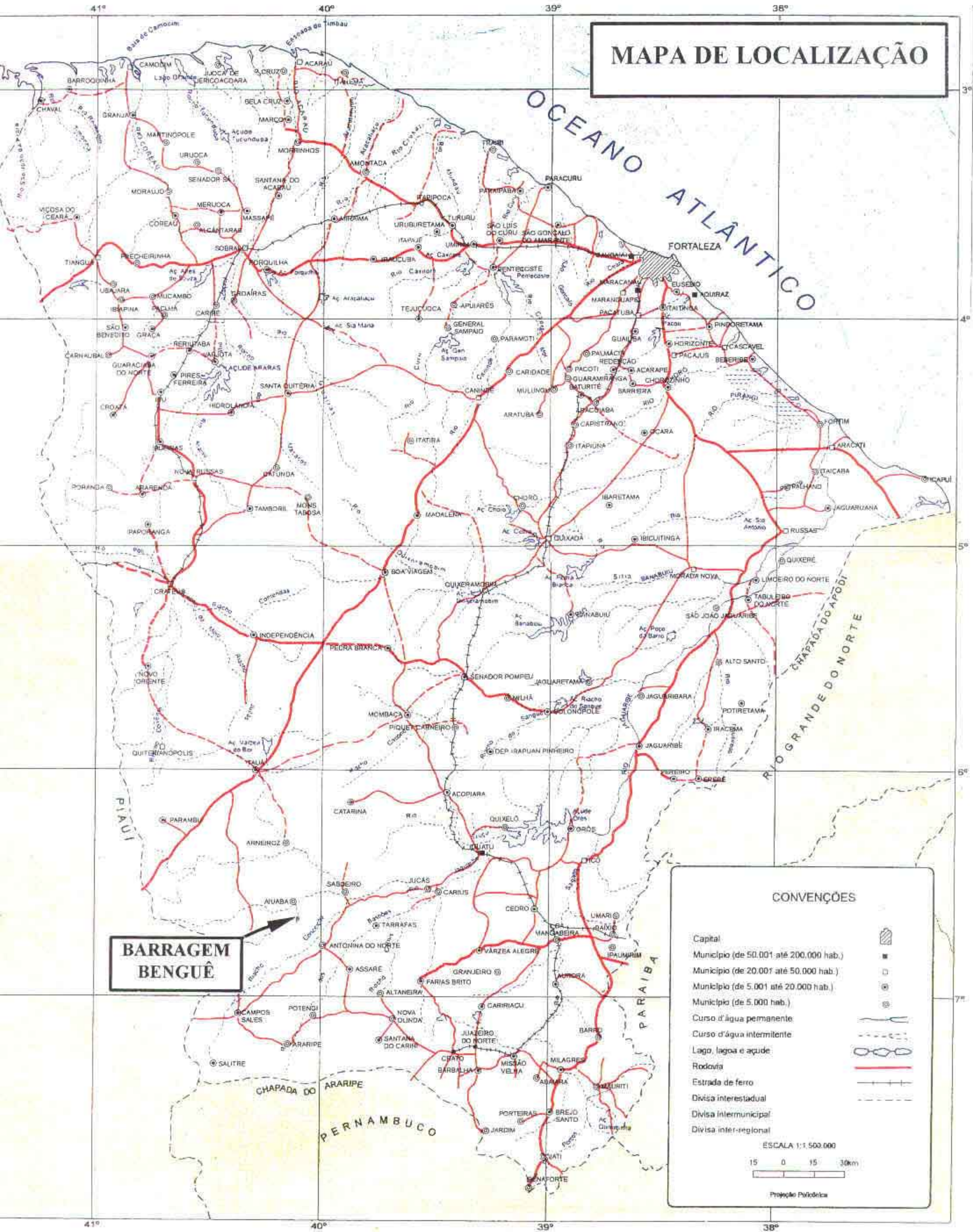


FIGURA 1

000011

O sistema compreende uma captação através de bomba centrífuga situada na margem do lago, recalcando diretamente para o reservatório elevado de 200 m³ de capacidade, situado no centro da cidade de Aiuaba, sendo distribuída a população sem tratamento

O comprimento da adutora é de 1300m em PVC rígido DEFOFO, com diâmetro de 100mm. A distribuição é realizada através de uma rede de tubos de PVC rígido, junta elástica, com diâmetros que variam de 50 a 150mm

1.3 - CONCEPÇÃO DO SISTEMA PROPOSTO

O sistema projetado, conforme a alternativa selecionada nos Estudos de Concepção, consiste de

- Captação em flutuante no Açude Benguê utilizando flutuante interligado com a adutora através de tubulação de polietileno de alta densidade.
- Recalque através de adutora em tubulação de PVC rígido DEFOFO, a partir da estrutura de transição, situada na margem do açude, até a ETA, que foi construída recentemente pela Secretaria de Desenvolvimento Urbano do Estado do Ceará

A água tratada será aduzida para o reservatório elevado atualmente existente em Aiuaba, de onde a água fará o suprimento do sistema de distribuição da cidade. Convém salientar que a adutora de água tratada já está implantada, e operando, dentro dos parâmetros de dimensionamento previsto para o novo sistema

A Figura 2, a seguir, apresenta, esquematicamente, a concepção do sistema proposto

000013

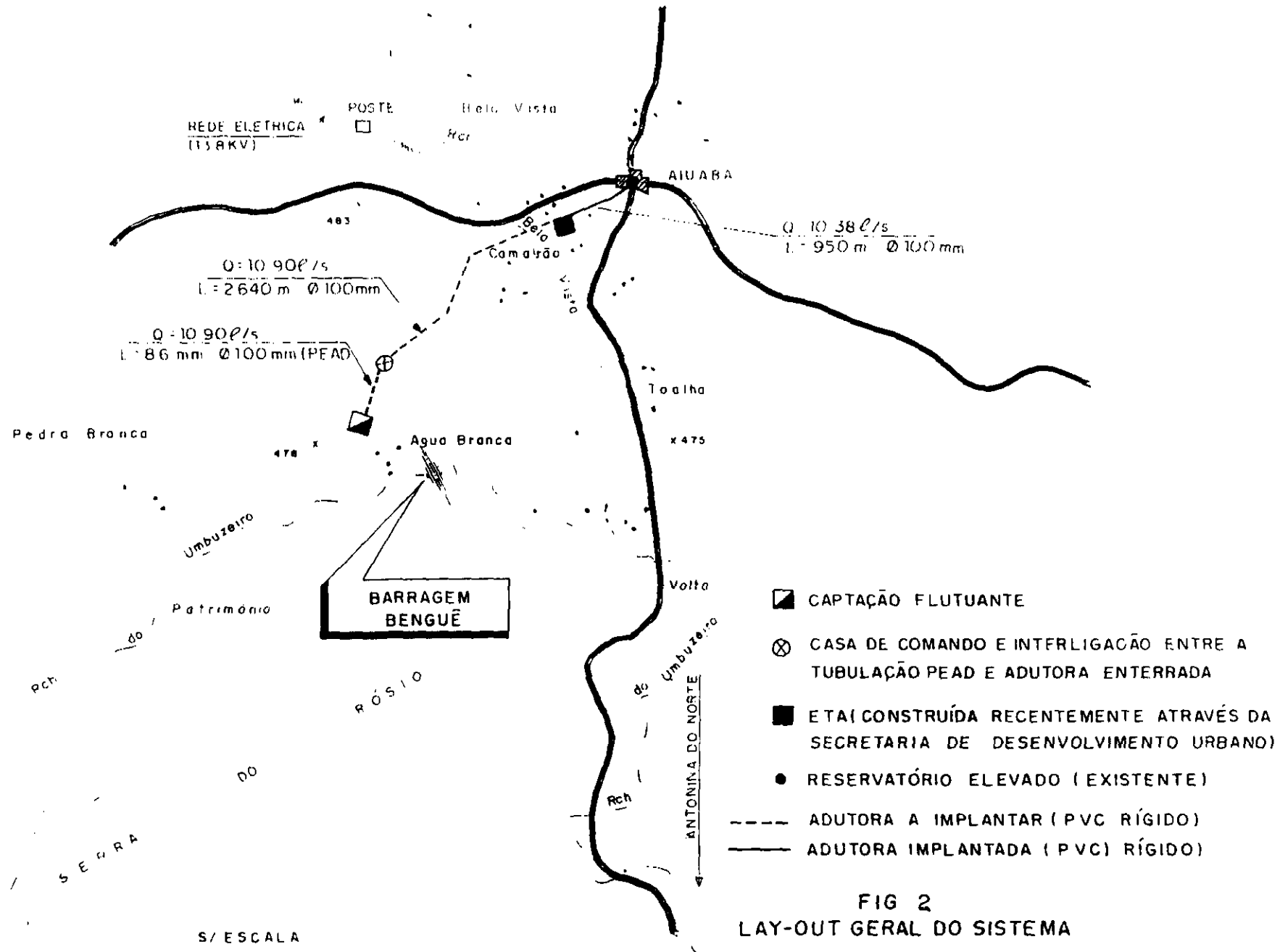


FIG 2
LAY-OUT GERAL DO SISTEMA

2 - O PROJETO – MEMÓRIA DESCRITIVA

2 - O PROJETO – MEMÓRIA DESCRITIVA

2.1 - DADOS E PARÂMETROS BÁSICOS

2.1.1 - Estudo Populacional

De acordo com o censo de 1991 do IBGE, a população urbana do Distrito Sede de Aiuaaba era de 1 648 habitantes. Conforme o censo realizado em 1996, a população da sede do município passou a ser de 1 966 habitantes. Isto representou uma taxa geométrica de crescimento anual, no período, da ordem de 3.20%. Segundo o Anuário Estatístico do Ceará(1994), a taxa geométrica de crescimento anual da área urbana da sede do município, entre 1980-1991, foi de 1,89%, enquanto a população rural do município apresentou crescimento negativo de -1.97%.

Os dados apresentados demonstram que a taxa de crescimento da população urbana da sede do município evidencia uma tendência de crescimento, principalmente em consequência da migração das populações rurais em busca de melhores condições de vida no meio urbano.

Em vista dos índices acima apontados julgou-se conveniente para o presente estudo adotar-se uma taxa de crescimento anual de 3.0%, com vistas a projeção populacional no final do plano (ano 2 016). Vale ressaltar que as companhias de saneamento recomendam, para comunidades de pequeno porte (população inferior a 5 000 hab.), índice de crescimento próximo ao adotado neste estudo, o qual permite dobrar a população em 20 anos.

O quadro 1, a seguir, mostra a evolução da população urbana do Distrito Sede do município, a partir de 1996, que é de 1 966 hab., conforme o censo do IBGE. O método utilizado foi o do crescimento geométrico, normalmente empregado para cidades com população inferior a 20 000 hab.

2.1.2 - Parâmetros de Projeto

Os elementos que subsidiaram o presente estudo são os seguintes:

- População da urbana do Distrito Sede do município
 - Em 1996 1 966 hab
 - No horizonte de projeto(2 016) 3 551 hab

- Consumo "Per capita"(q) 150 l/hab/dia

QUADRO 1 - EVOLUÇÃO POPULACIONAL - PERÍODO 1996 - 2016

Anos	População Urbana do Distrito Sede (hab.)
1996	1 966
1997	2 025
1998	2 086
1999	2 148
2000	2 213
2001	2 279
2002	2 345
2003	2 418
2004	2 490
2005	2 565
2006	2 642
2007	2 721
2008	2 803
2009	2 887
2010	2 974
2011	3 063
2012	3 155
2013	3 250
2014	3 347
2015	3 447
2016	3 551

- **Coefficientes de variação de consumo**

K ₁ (coef. do dia de maior consumo)	1.2
K ₂ (coef. da hora de maior consumo)	1.5

- **Índice de atendimento**

Foi adotado o índice de 100% constante ao longo de todo o período do projeto

- **Alcance do Projeto 1996/2016**

- **Volume de reservação**

Considerou-se que o volume de reservação corresponda a aproximadamente 1/3 do volume a ser distribuído no dia de maior consumo

- **Consumo de água na ETA**

Considerou-se que a vazão destinada ao consumo nas unidades de tratamento seja de 5% da vazão produzida
Tempo de bombeamento diário 18 hs

- Com base nesses parâmetros apresenta-se, a seguir, o quadro 2 de evolução da demanda de água, onde

- Demanda média (Q)

$$Q = \frac{Pxq}{86\,400}$$

P = População do Projeto

q = Consumo per capita

- Demanda Máxima Diária (Q₁)

$$Q_1 = K_1 \times Q$$

- Demanda Máxima Horária (Q₂);

$$Q_2 = K_2 \times Q_1$$

QUADRO 2 - EVOLUÇÃO DA DEMANDA

ANOS DO PROJETO	POPULAÇÃO ATENDIDA (HAB)	DEMANDA MÉDIA		DEMANDA MÁXIMA DIÁRIA	DEMANDA MÁXIMA HORÁRIA
		m ³ /ANO	l/s	l/s	l/s
1996	1966	107 638,50	3,41	4 09	6 14
1997	2025	110 868,75	3,52	4,22	6,33
1998	2086	114 208,50	3,62	4 34	6 51
1999	2148	117 603,00	3,73	4,38	6,57
2000	2213	121 161,75	3,84	4 61	6,92
2001	2279	124 775,25	3,96	4 75	7,13
2002	2345	128 388,75	4,07	4 88	7,32
2003	2418	132 385,50	4,20	5 04	7,56
2004	2490	136 327,50	4,32	5 18	7,77
2005	2565	140 433,75	4,45	5 34	8,01
2006	2642	144 469,50	4,59	5 51	8,26
2007	2721	148 974,75	4,72	5,66	8,49
2008	2803	153 464,25	4,87	5 84	8,76
2009	2887	158 063,25	5,01	6 01	9 02
2010	2974	162 826,50	5,16	6 19	9,29
2011	3063	167 699,25	5,32	6 38	9 57
2012	3155	172 736,25	5,48	6 58	9,87
2013	3250	177 937,50	5,64	6 77	10,16
2014	3347	183 248,25	5,81	6 97	10 46
2015	3447	188 723,25	5,98	7 18	10,77
2016	3551	194 417,25	6,16	7 40	11,10

Obs Da evolução da demanda deduz-se que para um tempo de funcionamento (bombeamento) diário de 18 hs , a vazão no ano de alcance do projeto será de 10,36 l/s, já prevendo-se o consumo com o tratamento. No entanto esse valor terá um acréscimo para adequar-se à vazão dimensionada pela empresa que projetou a ETA. Dessa forma a vazão de projeto do presente estudo será de 10,90 l/s

2.2 - DESCRIÇÃO DAS UNIDADES DO SISTEMA

2.2.1 - Captação

A captação é composta por um flutuante no qual é acoplado uma bomba com eixo horizontal e o motor sobre a mesma. Será adotado um unico flutuante com uma so bomba em operação, ficando uma outra de reserva em almoxarifado da empresa ou entidade responsável pela administração do sistema, para ser trocada quando necessária. Trata-se de uma solução que poderá apresentar, eventualmente, uma certa ineficiência operacional, porém é relativamente de custo mais baixo

O sistema elétrico para a partida das bombas se situara na margem do reservatório em cota segura contra inundação. Foi prevista uma subestação aérea em poste e uma pequena casa de comando que abrigará os paineis de controle, devendo funcionar também como estrutura de transição entre o trecho flexível da adutora e o trecho enterrado. A alimentação dos motores se fará através de cabo elétrico isolado que irá até a bomba no interior de eletroduto que ficará fixo aos mesmos flutuantes que serão utilizados para suportar a linha adutora (trecho flexível)

As características principais do sistema de captação são as seguintes

Tipo	bomba acoplada em flutuante
Vazão	10.90 l/s(39,24 m ³ /h)
Altura manométrica	61.62 m c a
Potência do motor	20 CV
Tempo de bombeamento	18 hs

2.2.2 - Adutora de Agua Bruta

A adutora de água bruta compreenderá dois sub- trechos, sendo um em tubulação flexível e outro em tubulação rígida de PVC, conforme as características a seguir

- Sub-trecho 1

Material	PEAD
Diâmetro externo	110 mm
Comprimento	86m
Instalação	preso a flutuantes

- Sub-trecho 2

Material	PVC rígido DEFOFO
----------	-------------------

Diâmetro	nominal 100 mm
Comprimento	2 640 m
Vazão	10.90 l/s
Instalação	enterrada

Todo o estudo de dimensionamento do sistema de captação/adutora de água bruta está inserido na parte correspondente à Memória de Cálculo

2.2.3 - Estação de Tratamento

O tratamento da água será feito em um sistema compacto denominado Clarifiber II 250 da HEMFIBRA. Foi projetado e recentemente instalado pela Secretaria de Desenvolvimento Urbano do Estado Ceará, dentro dos padrões técnicos adequados de forma a permitir sua integração ao sistema proposto

O sistema é constituído de filtro de fluxo ascendente, fabricado em fibra de vidro, Kit's dosadores de produtos químicos e câmara de carga para assegurar a taxa de filtração adotada e aplicar os coagulantes

Complementando as unidades da ETA foi construída uma casa de química / casa de bomba que abrigará as elevatórias de água de lavagem dos filtros e de água tratada, que será armazenada em reservatório de reunião. Em uma das dependências da casa de química ficará a parte que será responsável pelo armazenamento e preparo das soluções dos produtos que serão utilizados no tratamento químico da água. A unidade é dotada de um laboratório no qual serão efetuadas as análises e controle de qualidade das águas bruta e tratada

O Reservatório de Reunião que receberá água filtrada, servirá, além de poço de sucção para a elevatória de lavagem dos filtros e de tanque de contato para aplicação do desinfetante, de caixa de passagem para a alimentação da adutora de água tratada. Será do tipo apoiado com 150 m³ de capacidade

2.2.4 - Estação Elevatória de Água Tratada

Contígua ao reservatório de reunião estará a elevatória de água tratada (também recém construída pela SDU) que se utilizará do mesmo como poço de sucção

Sua estrutura física é composta de casa de bomba e de comando, subestação elétrica, caixa de registro e de drenagem para o extravasor do reservatório

As principais características da estação elevatória são as seguintes

Vazão total	10.38 l/s
Número de bombas	1(uma)

Os motores terão partida através de chaves compensadoras automáticas, com proteção de falta de fase e curto circuito

A partida será manual, contudo haverá predisposição para futura automatização

Está prevista a correção de fator de potência por meio de capacitores fixos. Haverá proteção contra descargas atmosféricas, com a instalação de pára-raios Franklim

Todos os quadros elétricos seguirão normas ABNT, COELCE e CAGECE

Haverá proteção adequada e os condutores dimensionados para atender com segurança as necessidades de fornecimento de energia

2.2.8 - Cadastro

O levantamento cadastral constituiu-se na identificação e locação em planta das propriedades que contemplam o eixo da adutora. A seguir apresenta-se a relação de proprietários com a correspondente localização, identificada pela materialização do levantamento topográfico

Estaca

0A a 12A + 18m
12A + 18m a 51A + 17m
51A + 17m a 62A
62A a 74 + 3,60m
75 + 16,40m a 97A + 16m
97A + 16m a 121A
121A a 133 + 3,50m
133 + 3,50m a 166

Proprietário

Francisco Masoto de Araujo
Francisco Antunes de Andrade
Joaquim de Andrade
Heriberto Alencar
Joaquim Pedro Araujo
Bernardo Batista de Oliveira
Normando Braga Feitosa
Pedro Feitosa Araujo

3 - MEMORIAL DE CÁLCULO

3.1 - CAPTAÇÃO / ADUÇÃO DE ÁGUA BRUTA

O memorial de cálculo a seguir apresentado será restrito apenas as unidades captação/adução de água bruta, haja vista que somente referidas unidades foram efetivamente projetadas no presente estudo. As demais unidades que compõem o sistema adutor de Aiuaba já foram projetados e implantados conforme comentários no capítulo anterior.

A captação será realizada através de um flutuador do tipo Cap-Float, construído em fibra de vidro, equipado com um conjunto motor-bomba de eixo horizontal. O recalque será realizado diretamente para a ETA.

Dados

Cota do N A min no Açude	438,00m
Cota do N A max no Açude	448,50m
Cota do ponto de entrada na ETA	460,44m

Extensão da adutora

Em tubulação flexível(PEAD)	86,00 m
Em tubos de PVC rígido (enterrado)	2 640 m
Vazão de captação (bombeamento)	10,90 l/s
Nº de horas de funcionamento	18 hs

1) Determinação do Diâmetro Econômico:

Nos Estudos de Concepção foram efetuados os estudos para determinação do diâmetro econômico, tendo sido selecionados dois diâmetros (100mm e 150mm), para os quais comparou-se os custos de implantação e de operação da adutora ao longo dos anos de funcionamento do projeto. Tais diâmetros foram escolhidos com base no critério de permitir velocidades limitadas entre 0,60 m/s e 2.4 m/s.

Os resultados mostrados naquele estudo indicaram que a alternativa mais atraente do ponto de vista econômico (menor custo de investimento e menor custo operacional), é a que utiliza o diâmetro igual a 100 mm, para a vazão de projeto estabelecida para o final do plano (ano 2 016).

Na atual fase dos estudos permanecem praticamente inalterados todos os parâmetros de projeto, o que nos leva à confirmação do diâmetro determinado na fase anterior, ou seja ($\varnothing = 100\text{mm}$).

2) Determinação das Perdas de Carga e da Altura Manométrica:

a) Perda de Carga na Sucção (h_s)

Tendo em vista que a bomba será instalada em flutuante, praticamente inexistirá perdas na sucção, sendo considerada desprezível

b) Perda de carga no recalque(h_r)

- Perda de carga calculada desde a saída da bomba até a caixa de válvulas, situada na margem do açude(h_r)

O diâmetro recomendado para a tubulação de sucção é de 100 mm e seu comprimento é de 86 m. Os comprimentos equivalentes (L_{eq}) para as peças especiais são

Peças ($\phi = 100$ mm)

1 ampliação(80 x 100mm)	0,64 m
1 válvula de retenção	10,00 m
1 registro de gaveta	0,80 m
1 tê(100 x 100mm)	<u>4,50 m</u>
L_{eq}	15,94 m

Comprimento Total (L) = 86 + 15,94 = 101,94 m

L = 101,94 m

$$h_r = 10,64 * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1,85} * D^{-4,87} * L \text{ . onde}$$

C = 145

D = 0,10 m

L = 101,94 m

Q = 0,0109 m³/s

Tem-se $h_r = 1,89$ m

- Perda de carga desde a caixa de válvula até a ETA(h_A)

O diâmetro da tubulação é de 100 mm e seu comprimento é de 2 640 m. Os comprimentos equivalentes (L_{eq}) para as peças especiais são

5 curvas de 90°	6.00 m
2 curvas de 45°	1.50 m
2 curvas de 22° 30'	0.90 m
2 curvas de 11° 15'	<u>0.75 m</u>
L_{eq}	9.15 m

Comprimento total da adutora (L) $2\ 640 + 9.15 = 2\ 649.15\ m$

$L = 2\ 649.15\ m$

$Q = 10.90\ l/s$, $D = 100\ mm$, $v = 1.19\ l/s$. $J = 1.332\ m/100m$

Então

$h_A = 0.01332 \times 2\ 649.15 = 35.29\ m$

Perda de carga no recalque(h_t) $1.89 + 35.29 = 37.18\ m$

c) Perda de carga na entrada da ETA (dado do fabricante) = $2.0\ m$

d) Altura Manométrica Total (H_{mt})

Considerando os desníveis geométricos máximo e mínimo iguais a $22.44m$ e $11.94m$, respectivamente, tem-se as alturas manométricas, conforme a seguir

$H_{mt\ Min} = 37.18 + 11.94 + 2.00 = 51.12\ m\ c\ a$

$H_{mt\ Max} = 37.18 + 22.44 + 2.00 = 61.62\ m\ c\ a$

3) Escolha da Bomba

A potência requerida (P_{req}) será

$$P_{req} = \frac{Q \cdot H_{man}}{75 \times n} \quad . \quad n(\text{rendimento}) = 60\%$$

Sendo

$Q = 10.90\ l/s$, $H_{man} = 61.62\ m\ c\ a$, tem-se

$P_{req} = 14.93\ cv$

Os dados do conjunto motor-bomba a ser adquirido são os seguintes

Bomba	Centrifuga de eixo horizontal
Vazão	39,24 m ³ /h
H _{man}	61,62 m c a
Rendimento	60 %
Rotação	3 500 r p m
Potência consumida	14,93 cv
Potência do motor	20 cv
Tensão	220/380 V

4) Curvas Características do Sistema e da Bomba Escolhida

Com os dados de perda de carga, calculados para a determinação da altura manométrica, obtivemos a expressão a seguir, que representa a curva característica da adutora

$$H = h_e + KQ^{1,85}, \text{ onde } h_e \text{ representa a altura estática}$$

Assim temos

Curva característica da adutora quando o açude encontra-se no seu nível mínimo

$$H = 24,44 + 158\,880,41Q^{1,85}, \text{ sendo } Q \text{ dado em m}^3/\text{s}$$

Curva característica da adutora quando o açude encontra-se no seu nível máximo

$$H = 13,94 + 158\,880,41Q^{1,85}$$

As Figuras 3 e 4 mostram as curvas características da adutora, para os dois níveis operacionais no açude, e da bomba escolhida (obtida de catálogo de um fabricante)

A Figura 5 mostra as curvas características da bomba e do sistema, e os pontos operacionais

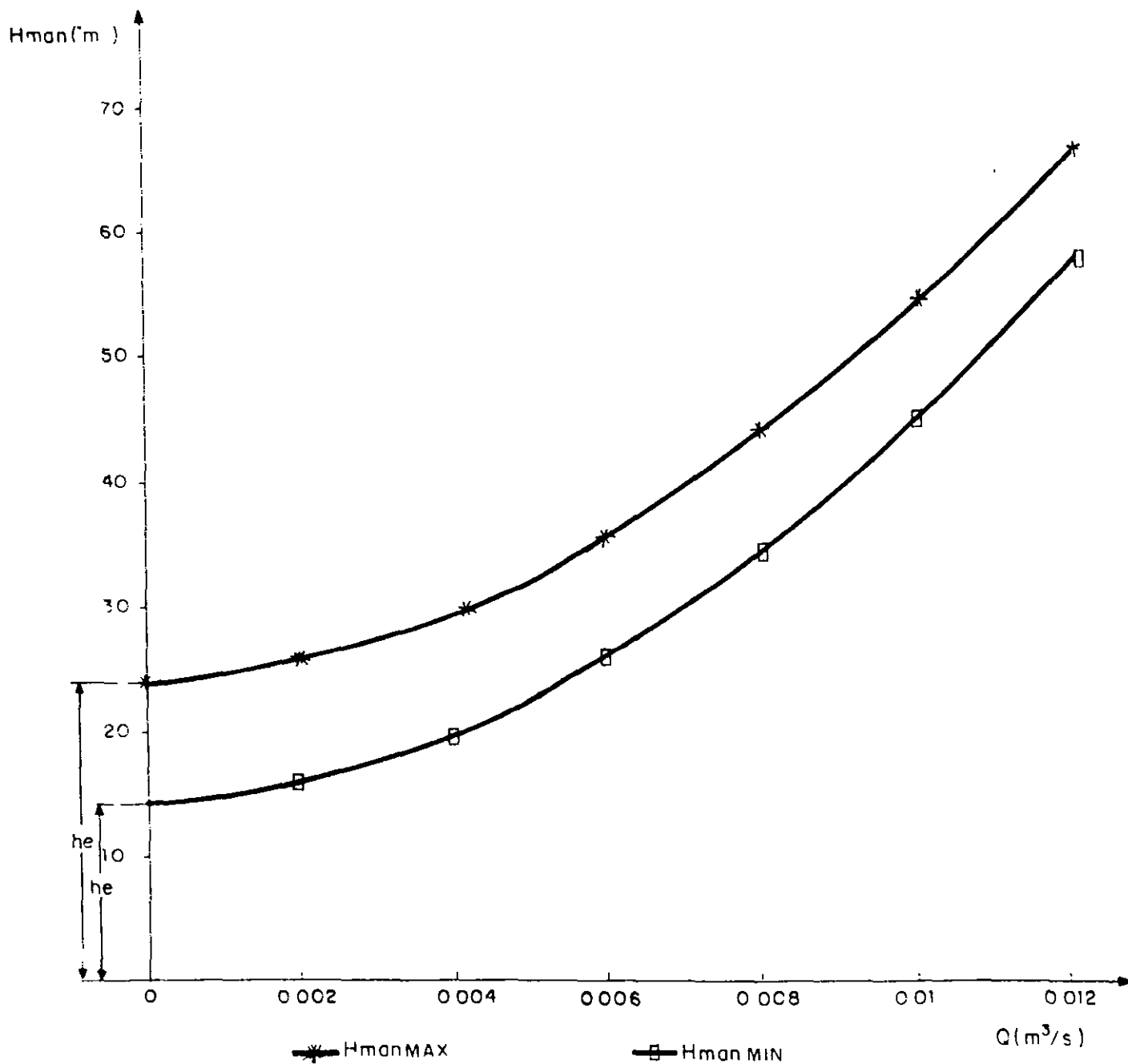


FIG 3-CURVA CARACTERÍSTICA DA ADUTORA
DESDE A CAPTAÇÃO ATÉ A ETA

Bomba Tipo **KSB MEGANORM**
 Pump Type **KSB MEGANORM BLOC**
 Tipo de Bomba **KSB MEGACHEM**

Tamanho Size **50-160**
 Tamanho

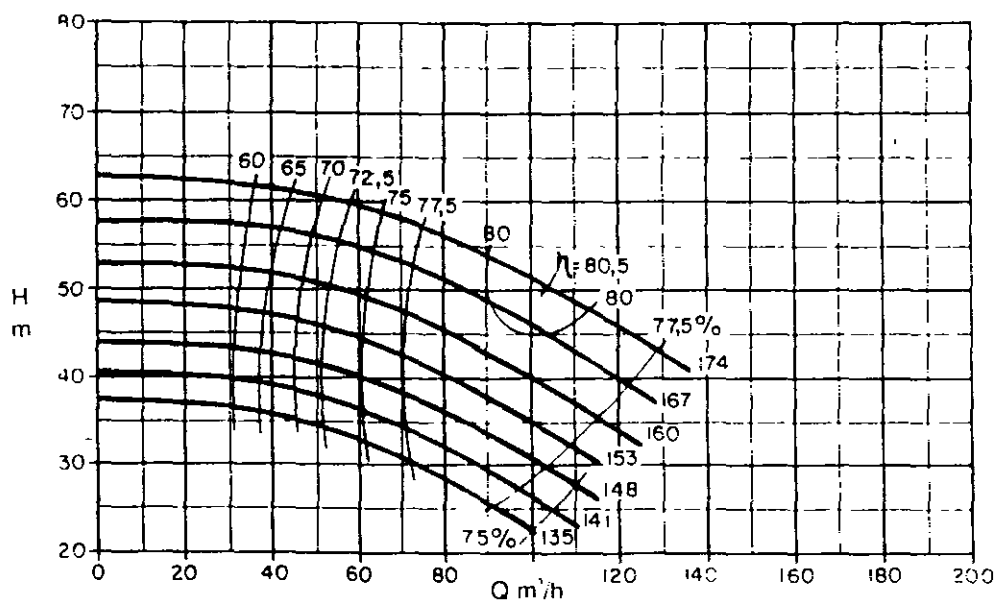


Oferta nº _____
 Project No _____
 Oferta nº _____

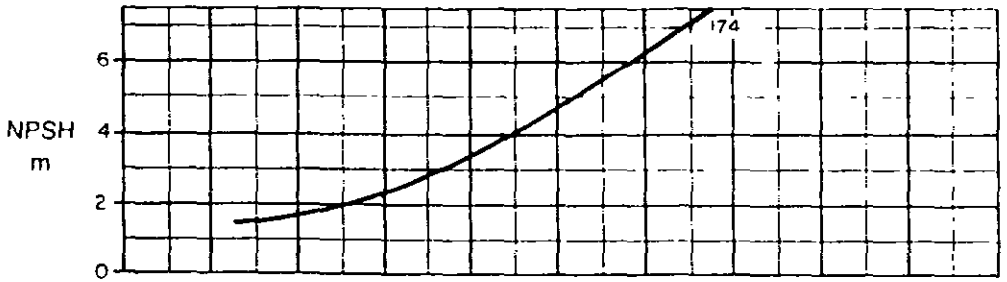
Item nº _____
 Item No _____
 Pos. nº _____

Velocidade Nominal
 Nom. Rotative Speed **3500 rpm**
 Velocidad Nominal

Altura Manométrica
 Head
 Altura Manométrica



NPSH
 - disponível
 - available
 - instalación



Polência Necessaria
 Shaft Power
 Potencia Necesaria

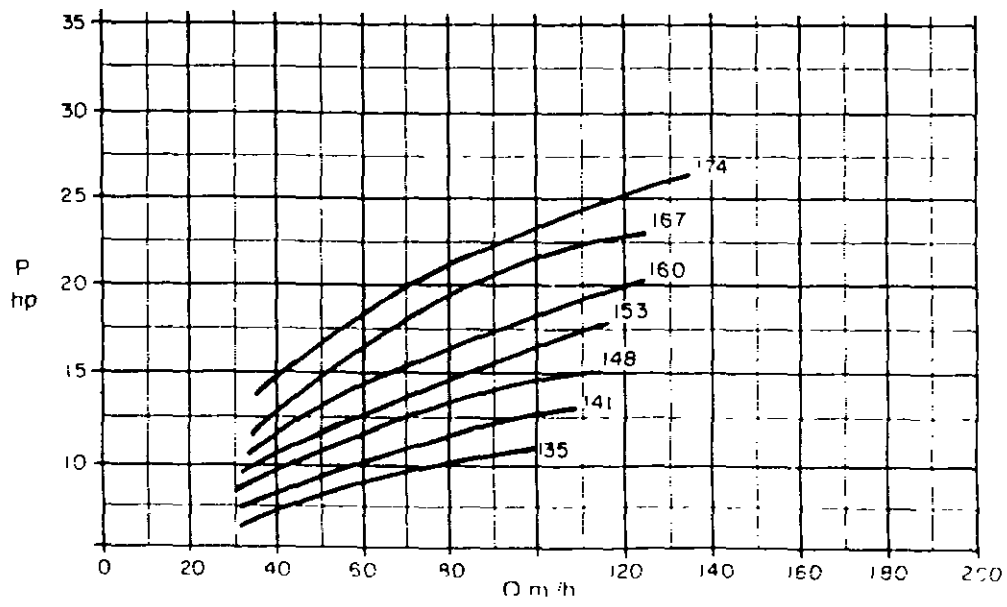


FIG. 4 - CURVA CARACTERÍSTICA DA BOMBA ESCOLHIDA

Dados válidos para densidade de 1 Kg/dm³ e viscosidade cinemática até 20 mm²/s
 Data applies to a density of 1 Kg/dm³ and Kinematical viscosity up to 20 mm²/s
 Datos válidos para densidad 1 Kg/dm³ y viscosidad cinemática hasta 20 mm²/s

Garantia das características de funcionamento conforme ISO 9906 Anexo D
 Operating data according to ISO 9906 attachment D
 Garantía de las características de funcionamiento según ISO 9906 anexo D

000029

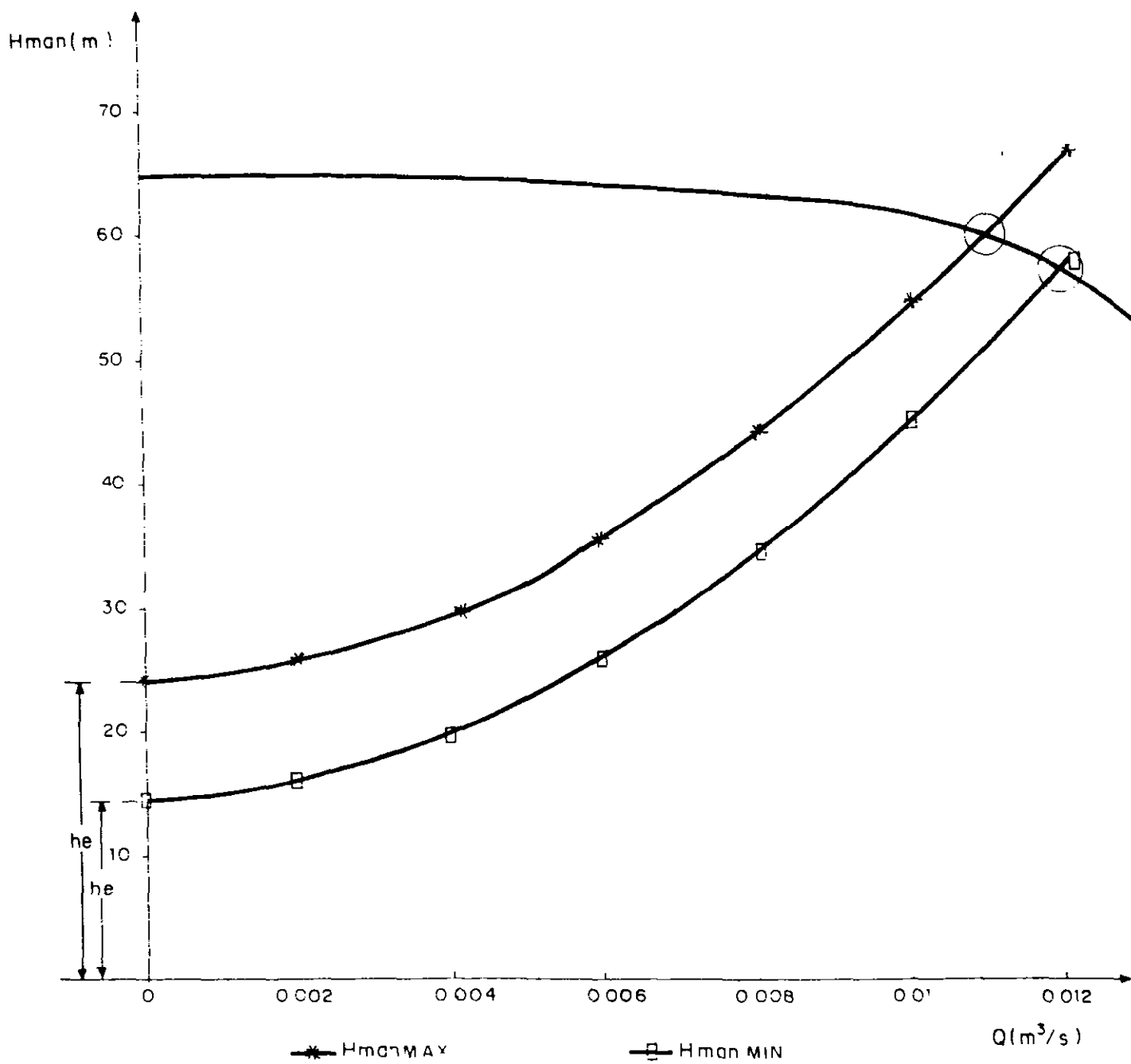


FIG 5 - CURVAS CARACTERÍSTICAS DA BOMBA E DO SISTEMA E PONTOS OPERACIONAIS

5) Análise do Golpe de Ariete

Será utilizado um dos métodos propostos por Parmakian combinado com os gráficos de Ben Donsky

a - Dados

Comprimento da linha de recalque	L = 2 640 m
Diâmetro do tubo	D = 0 1084 m
Espessura do tubo	e = 0.0048 m
Descarga na linha no momento do desligamento	Q = 0.01090 m ³ /s
Velocidade de escoamento	v = 1,19 m/s
Altura estática de elevação	he = 10,44 m
Altura manométrica	H = 61.62 m c a
Potência do motor	P = 20 cv
Rotações por minuto	n = 3 500 rpm
Rendimento	η = 0,60

b - Determinação da celeridade (a)

$$a = \frac{\sqrt{\frac{k}{P}}}{\sqrt{1 + \frac{k D^* C}{E e}}}, \text{ onde}$$

$$k = 2,10 \times 10^8 \text{ Kgf} / \text{m}^2$$

$$P = 102 \text{ Kgf m}^{-4} \text{ s}^2$$

$$C = 0,91$$

$$E = 0,18 \times 10^{10} \text{ Kgf} / \text{m}^2$$

$$\text{Então } a = 778,44 \text{ m/s}$$

c - Tempo crítico ou período do encanamento (T)

$$T = \frac{2L}{a},$$

$$T = (2 \cdot 2\,640) / (778,44)$$

$$T = 6,78 \text{ s}$$

d - Constante da linha (2ρ)

$$2\rho = \frac{av}{gh} \quad 2\rho = (778.44 \cdot 1,19) / (9,81 \cdot 62,61) = 1.51$$

$$2\rho = 1.51$$

e - Módulo volumétrico do líquido (considerando duas bombas) - K_1

$$K_1 = \frac{446\,625 \cdot h_e \cdot Q}{WR^2 \cdot \eta \cdot n^2} \quad \text{onde}$$

WR^2 = é o momento das massas girantes (bomba + motor)

$$WR^2 = 0,00138 \cdot p^{1.4} \cdot f^{0.95}, \text{ onde}$$

$$p = 14,72 \text{ kw}$$

$$f = 2 \text{ polos}$$

$$WR^2 = 0.12 \text{ kgf m}^2$$

$$\text{Então } K_1 = \frac{446\,625 \cdot 10,44 \cdot 0,01090}{0.12 \cdot 0,60 \cdot (3\,500)^2} = 0.06$$

$$f - \quad K_1 \frac{\partial L}{a} = 0.06 \cdot 6,78 = 0,41$$

Com os valores de $K_1 \frac{\partial L}{a} = 0,41$ e $2\rho = 1,51$, entra-se nos graficos de Ben Donsky, a seguir, obtendo-se

a) Subpressão na válvula de retenção

$$0,68 \cdot 10,44 \text{ m} = 7,10 \text{ m}$$

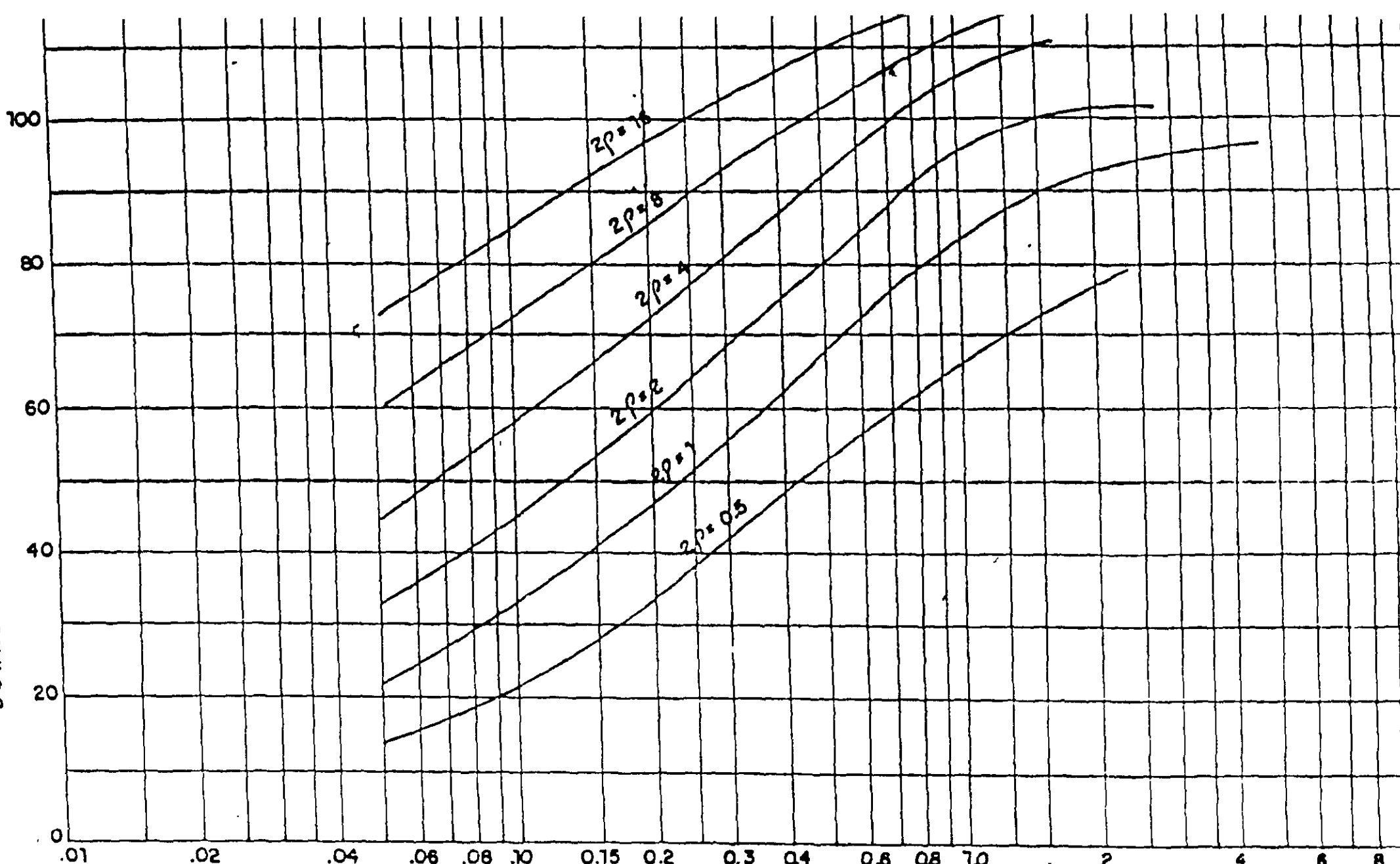
$$\text{Pressão resultante } 10,44 - 7,10 = 3,34 \text{ m}$$

b) Subpressão no ponto médio da linha

$$0,48 \cdot 10,44 \text{ m} = 5,00 \text{ m}$$

$$\text{Pressão resultante } 10,44 - 5,00 = 5,44 \text{ m}$$

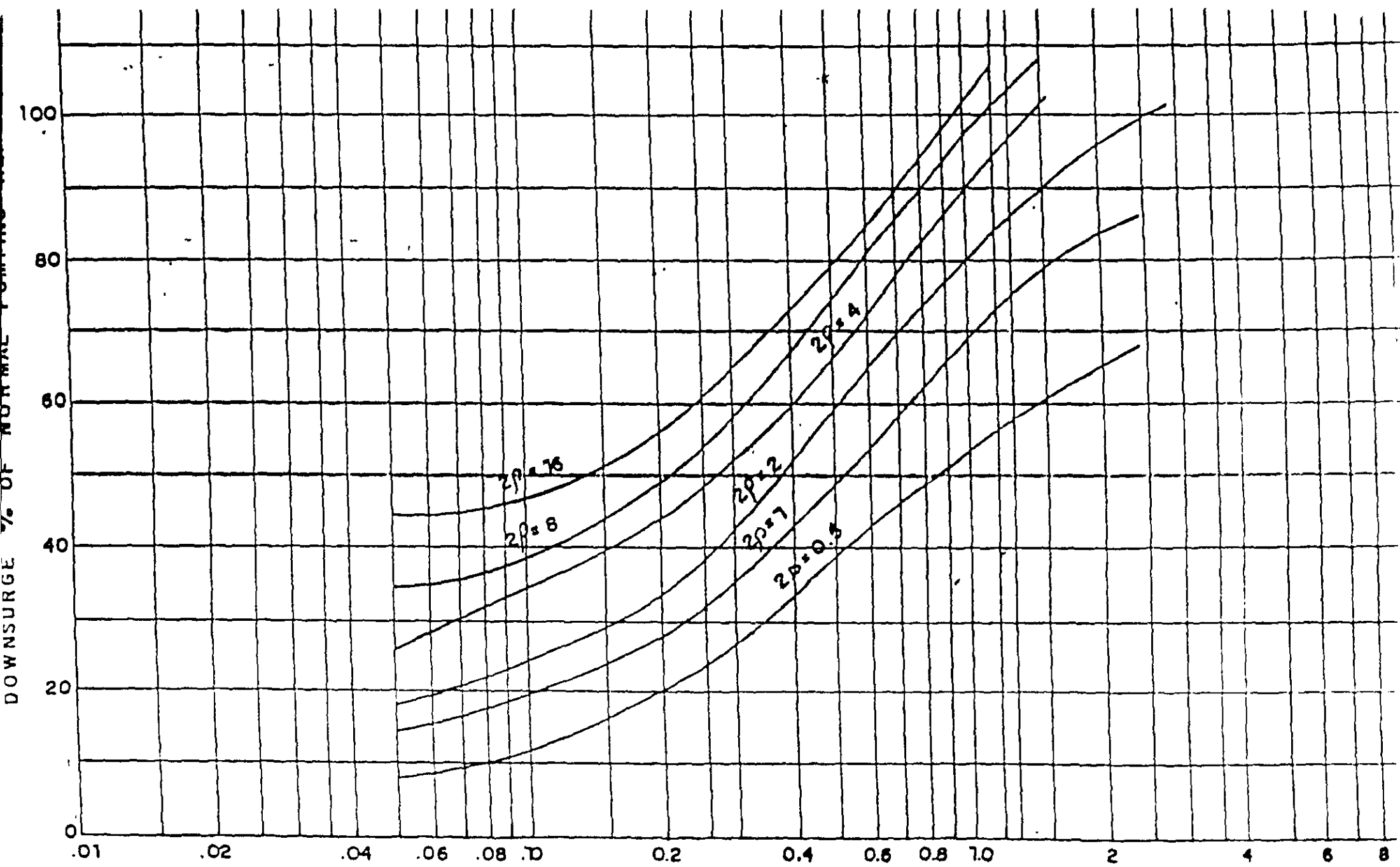
DOWNSURGE % OF NORMAL FLOW



VALUES OF kL/g
MAXIMUM DOWNSURGE AT THE PUMP
FOLLOWING POWER FAILURE

000033

Jan 3, 1961 by Ben Donsky



VALUES OF K^2L/g
 MAXIMUM DOWNSURGE AT MIDLENGTH
 FOLLOWING POWER FAILURE

Jan. 3, 1967 by Ben Densky

000034

Como haverá válvula de retenção que devera fechar no momento da onda de retorno, a sobrepressão na valvula teria o mesmo valor absoluto que a depressão calculada no momento da onda de retorno, isto é, 7,10 m, de modo que a valvula sera submetida à pressão total de

$$H_t = 10,44 + 7,10 = 17,54 \text{ m}$$

O que demonstra que não haverá nenhum problema provocado pela sobrepressão uma vez que o tubo de PVC será da classe 1Mpa

Quanto a subpressão, igualmente não provocara nenhum problema uma vez que as pressões negativas são aceitáveis

6 - Obra Civil

a - Desmatamento leve e limpeza de faixa de 2 m de largura

$$L = 2\,640 \text{ m}$$

$$A = 2\,640 \text{ m} \times 2,00 \text{ m} = 5\,280 \text{ m}^2$$

b) - Locação, nivelamento e marcação das alturas de escavação

$$L = 2\,640 \text{ m}$$

c) - Escavação mecânica de vala

$$\text{Cálculo do volume total } 2\,640 \times 1,00 \times 0,50 = 1\,320 \text{ m}^3$$

Classificação:

- . 40% 1ª categoria,
- . 30% 2ª categoria,
- . 30% 3ª categoria

- Em material de 1ª categoria volume do item = $1\,320 \times 0,40 \times 1,10 = 580,80 \text{ m}^3$

- Em material de 2ª categoria volume do item = $1\,320 \times 0,30 \times 1,10 = 435,60 \text{ m}^3$

- Em material de 3ª categoria volume do item = $1\,320 \times 0,30 \times 1,10 = 435,60 \text{ m}^3$

d) - Berço de areia

$$\text{Volume} = (2\,640 \times 0,50 \times 0,10) \times 1,10 = 145,20 \text{ m}^3$$

e - Reaterro de valas com material de empréstimo e compactação manual

$$\text{Volume} = 2 \times 435,60 = 871,20 \text{ m}^3$$

f - Reaterro compactado com aproveitamento de material escavado

- Reaterro = Escavação total - (tubulação + Berço de areia)
- Tubulação = $2\,640,00 \times \pi \times r^2 = 20,73 \text{ m}^3$
- Berço de areia = $145,20 \text{ m}^3$
- Reaterro = $1\,452,00 - (20,73 + 145,20) = 1\,286,07 \text{ m}^3$
- Reaterro com material reaproveitado = $414,87 \text{ m}^3$

g - Bota - fora DMT = 1,00 km

$$V = 1\,452,00 - 414,87 = 1\,037,13 \text{ m}^3$$

h - Assentamento e montagem da tubulação, incluindo conexões, peças, acessórios e testes hidrostáticos

$$\emptyset = 100 \text{ mm} - L = 2\,640 \text{ m}$$

i - Blocos de ancoragem em concreto - 150 kg/m^3

$$V = 1,10 \text{ m}^3 \times 1,10 = 1,21 \text{ m}^3$$

j - Caixa de ventosas

- *Locação da obra com gabarito de madeira*

$$A = 1,69 \times 10 = 16,90 \text{ m}^2$$

- *Escavação manual em material de 1ª Categoria*

$$V = 2,28 \times 10 = 22,80 \text{ m}^3 \quad \begin{array}{l} \text{- 1ª Categoria - 50\%} \\ \text{- 2ª Categoria - 50\%} \end{array}$$

$$V = 28,80 \times 0,50 = 14,40 \text{ m}^3$$

- Escavação manual em material de 2ª Categoria

$$V = 28,80 - 14,40 = 14,40 \text{ m}^3$$

- Reaterro compactado em camadas de 30 cm

$$V = 2,69 \times 10 = 26,90 \text{ m}^3$$

- Concreto simples fck = 10,0 Mpa

$$V = 0,33 \times 10 = 3,30 \text{ m}^3$$

- Concreto estrutural fck = 15,0 MPa, inclusive forma e armação em aço CA

50B

$$V = 0,11 \times 10 = 1,10 \text{ m}^3$$

- Alvenaria de elevação em tijolos cerâmicos furados. espessura 10 cm (1/2 vez)

$$A = 5,32 \times 10 = 53,20 \text{ m}^2$$

- Revestimento em chapisco (1 3)

$$A = 10,64 \times 10 = 106,40 \text{ m}^2$$

- Reboco (1 3)

$$A = 5,32 \times 10 = 53,20 \quad 2 = 26,60 \text{ m}^2$$

- Emboço com impermeabilizante

$$A = 53,20 \quad 2 = 26,60 \text{ m}^2$$

I - Caixa de Registros

- Locação da Obra com gabarito de madeira

$$A = 2,28 \times 8 = 18,24 \text{ m}^2$$

- Escavação manual em material de 1ª Categoria

$$V = 10,57 \times 8 = 84,56 \text{ m}^3 \quad 1^\text{a} \text{ Categoria } 50\%$$

$$V = 84,56 \times 0,50 = 42,28 \text{ m}^3$$

- Escavação manual em material de 2ª Categoria

$$V = 84,56 - 42,28 = 42,28 \text{ m}^3$$

- Reaterro compactado em camadas de 30 cm

$$V = 5,03 \times 8 = 40,24 \text{ m}^3$$

- Concreto simples fck = 10,0 MPa

$$V = 0,46 \times 8 = 3,68 \text{ m}^3$$

- Concreto estrutural fck = 15,0 MPa, inclusive forma e armação em aço CA

50B

$$V = 0,17 \times 8 = 1,36 \text{ m}^3$$

- Alvenaria de elevação em tijolos cerâmicos furados, espessura = 10 cm (1/2 vez)

$$A = 9,37 \times 8 = 74,96 \text{ m}^2$$

- Revestimento em chapisco (1 3) $A = 18,74 \times 8 = 149,92 \text{ m}^2$

- Revestimento em reboco (1 3) $A = 9,37 \times 8 = 74,96 \text{ m}^2$

- Emboço com impermeabilizante. $A = 74,96 \text{ m}^2$

3.2 - SISTEMA ELÉTRICO

3.2.1 - Introdução

A memória de cálculo a seguir visa dimensionar a subestação e equipamentos elétricos destinados à estação de captação do projeto

A subestação transformadora sera do tipo aerea e ao tempo, instalado em poste de concreto armado, padrão COELCE Esta subestação estara ligada ao

sistema de fornecimento de energia primária em 13.8 KV através das linhas de distribuição rural e que fornecerão aos motores das bombas tensão 380 V trifásica

Os motores elétricos serão acionados por chaves de comando automático, com partida autocompensada instaladas na casa de comando da estação, situada na margem do açude

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

3.2.2 - Potência da Subestação - Dimensionamento Elétrico

- Carga instalada

A carga instalada prevista será de 02(dois) motores elétricos trifásicos, sendo um efetivo e outro reserva. As características do motor são as seguintes

Potência nominal	20.0 CV
Tensão nominal	380 V
Corrente nominal	32.88A
Frequência	60 Hz
Fator de potência	0,80
Rendimento	0,85

- Potência da subestação

$$P_{se} = (20 \times 0,736) / (0,80 \times 0,85) = 21,65 \text{ kVA, Iluminação + Tomadas} = 1 \text{ kVA}$$

Será instalada uma subestação de 30 kVA - 13 800/380/220V (padrão COELCE)

- Condutores secundários

$$I_s = 30 / (3^{0,5} \times 0,38) = 45,6 \text{ A}$$

$$S_{fase} = 3 \times 10 \text{ mm}^2 \text{ (1 condutor por fase)}$$

$S_{\text{neutro}} = 1 \times 10 \text{ mm}^2$ (1 condutor neutro)

- Proteção Primária

$$I_p = (30 / (3^{0,5} \times 13,8)) \times 1,5 = 1,88 \text{ A}$$

Será utilizado chave fusível - 15 kV - 5 kA - 100 A com elo fusível de 2 A

- Proteção Secundária

$$I_s = 30 / (3^{0,5} \times 0,38) = 45,6 \text{ A}, \quad 45,6 \times 1,3 = 59,25 \text{ A}$$

Será utilizado disjuntor geral trifásico de 380 V - 5 kA - 60 A

3.2.3 - Motores Elétricos

Dimensionamento, condutores, proteção e acionamento

- Potência 20 CV
- Corrente nominal 32,88 A
- Proteção fusível tipo NH - 50 A - 500 V,

relé bimetálico de sobrecarga(3UA54),
faixa de regulagem 25 a 36 A, ajuste 36 A

- Partida chave automática compensada (para 20CV, 380V) taps 65/80%
- Condutores
pela corrente nominal 32,88 A - $S_{\text{fase}} 3 \times 10 \text{ mm}^2$ (1 condutor por fase - 750 V PVC)

pela queda de tensão(2%) (motor de 20 CV distante de 90 m da SE de 30 kVA)

$$S_{\text{fase}} = (3^{0,5} (32,88 \times 90)) / (56 \times 380 \times 0,02) = 12,04 \text{ mm}^2 \Rightarrow 16 \text{ mm}^2$$

condutores a adotar: $S_{\text{fase}} 3 \times 16 \text{ mm}^2$ (1 condutor p/fase - 750 V + terra)