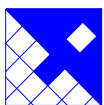




**MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL  
SECRETARIA DE INFRA-ESTRUTURA HÍDRICA**



**INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**



*FUNCATE - Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais*



**PROJETO SÃO FRANCISCO  
ÁGUA PARA TODOS**

**PROJETO BÁSICO DE TRANSPOSIÇÃO  
DE ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO  
PARA O NORDESTE SETENTRIONAL**

**EIXO NORTE – TRECHO I**

**R4 - ESTAÇÕES DE BOMBEAMENTO**



Projeto de Transposição de Águas do Rio São Francisco

---



*FUNCATE - Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais*

# **PROJETO BÁSICO DE TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO PARA O NORDESTE SETENTRIONAL**

## **EIXO NORTE – TRECHO I**

### **R4 - ESTAÇÕES DE BOMBEAMENTO**

**Dezembro/2000**

# **PROJETO TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO PARA O NORDESTE SETENTRIONAL**

## **MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL**

### **Secretaria de Infra-Estrutura Hídrica**

Ministro de Estado da Integração Nacional: Fernando Luiz Gonçalves Bezerra

Secretário de Infra-Estrutura Hídrica: Rômulo de Macedo Vieira

### **INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**

Diretor: Márcio Nogueira Barbosa

Vice Diretor: Volker W. J. H. Kirchhoff

### **FUNCATE – Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologias Espaciais**

Gerente: José Armando Varão Monteiro

Coordenador: Antônio Carlos de Almeida Vidon

### **ENGEORPS/HARZA**

Coordenadores: Marcos Oliveira Godoi

Fábio Luís Ramos de Abreu

Murillo Dondici Ruiz

Brasília, dezembro de 2000.

ENGEORPS/HARZA.

Projeto Transposição de Águas do Rio São Francisco para o Nordeste Setentrional;  
Relatório R4 – ESTAÇÕES DE BOMBEAMENTO – São Paulo: ENGEORPS/HARZA,  
2000.

325 p.

1. Transposição de Águas;
2. Eixo Norte – Trecho I – R4 - ESTAÇÕES DE BOMBEAMENTO -

CDU - 556.5:627.534

FUNCATE:

Av. Dr. João Guilhermino, 429, 11º Andar – Centro

São José dos Campos – SP

CEP: 12210-131

Telefone: (0XX 12) 341 1399

Fax: (0XX 12) 341 2829

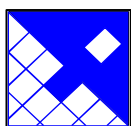
Projeto						Data	
AEC ALF BDL CIR						15/12/2000	
Verificação						Data	
AJM JSK						15/12/2000	
Aprovação						Data	
MOG CMN						15/12/2000	
Aprovação						Data	
MDR						15/12/2000	
Rev.	Data	Folha	Descrição	Aprovação		FUNCATE	
						Data	Aprovação
0/B	10/04/01		Geral	MOG			
0/C	08/05/01		Formatação e Correções	MOG			

**PROJETO DE TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUAS  
DO RIO SÃO FRANCISCO PARA O  
NORDESTE SETENTRIONAL  
PROJETO BÁSICO**

**EIXO NORTE - TRECHO I**

**R4 - ESTAÇÕES DE BOMBEAMENTO**

**Dezembro / 2000**



**FUNCATE**

*Fundação de Ciências  
Aplicações e Tecnologias  
Espaciais*

Verificação	Data
Aprovação	Data
Aprovação	Data
Código FUNCATE	Data
Substitui	Substituído
Número Empresa	Revisão
<b>261-FUN-TSF-RT-B0010</b>	<b>0/C</b>



**PROJETO DE TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO PARA O  
NORDESTE SETENTRIONAL  
EIXO NORTE – TRECHO I  
EQUIPE PRINCIPAL DO CONSÓRCIO ENGEORPS-HARZA**

- ***Coordenação Geral***
  - Marcos Oliveira Godoi
  - Murillo Dondici Ruiz
  - Fábio Luís Ramos de Abreu
  
- ***Hidráulica e Hidrologia***
  - Antônio Eurides Conte
  - Alberto Lang Filho
  - Luís Antônio Villaça de Garcia
  - Carlos Lloret Ramos
  - Flávio Tonelli Pimenta
  - Marcelo Ferreira Maximiano
  - Mauro Toscano
  
- ***Geologia e Geotecnia***
  - Claudio Michel Nahas
  - Fernão Paes de Barros
  - Ary Paulo Rodrigues
  - Andréa Cristina Parreira
  - Frederico Bohland Neto
  - Hiromit Nakao
  - Tays Ribeiro
  
- ***Levantamentos Topográficos Complementares***
  - Ivan Bustamante
  - Ualfrido Del Carlo Jr.
  
- ***Estruturas e Fundações***
  - Tetsuo Kawano
  - Flavio Rubin
  
- ***Eletromecânica***
  - Bernd Dieter Lukas
  - Coaraci Inajá Ribeiro
  - Angel Jimenez Murillo
  - José Sussumo Komatsu
  - Leonardo Cavalcanti Netto
  - José Orlando Paludetto Silva
  
- ***Planejamento e Orçamento***
  - José Armando Del Grecco Peixoto
  - Luis Edmundo França Ribeiro

---

**APRESENTAÇÃO**

---

## *APRESENTAÇÃO*

O presente documento se constitui no Relatório R4 – ESTAÇÕES DE BOMBEAMENTO, parte integrante do PROJETO BÁSICO DO EIXO NORTE – TRECHO I, referente ao PROJETO DE TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO PARA O NORDESTE SETENTRIONAL, elaborado pelo Consórcio ENGECORPS-HARZA, dentro do contrato com a FUNCATE – Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais.

O Projeto Básico do Eixo Norte – Trecho I é apresentado nos seguintes relatórios:

- R1 - Descrição do Projeto.
- R2 - Critérios de Projeto.
- R3 - Sistema de Captação no Rio São Francisco.
- R4 - Estações de Bombeamento.
- R5 - Sistema Adutor – Canais, Aquedutos, Tomadas D'água para Usos Difusos, Túneis e Estruturas de Controle.
- R6 - Barragens e Vertedores.
- R7 - Sistema de Drenagem.
- R8 - Topografia e Cadastramento.
- R9 - Geologia e Geotecnia.
- R10 - Estudos Hidrológicos.
- R11 - Sistema de Supervisão, Controle e Telecomunicações.
- R12 - Modelo Hidrodinâmico e Esquema Operacional.
- R13 - Sistema Elétrico, Subestações Auxiliares e Sistema de Transmissão.
- R14 - Acessos, Vilas e Canteiros.
- R15 - Cronogramas, Orçamento e Planejamento.
- R16 - Caderno de Desenhos.
- R17 - Dossiê de Licitação.

## INDICE

	<b>PÁG.</b>
<b>1. OBJETO E OBJETIVO .....</b>	<b>3</b>
<b>2. CONCEPÇÃO BÁSICA.....</b>	<b>3</b>
2.1 FASEAMENTO.....	7
<b>3. SÍNTESE DOS ESTUDOS DESENVOLVIDOS .....</b>	<b>9</b>
3.1 GEOLOGIA-GEOTECNIA.....	9
3.1.1 <i>Estação de Bombeamento EBI-1</i> .....	9
3.1.2 <i>Estação de Bombeamento EBI-2</i> .....	9
3.1.3 <i>Estação de Bombeamento EBI-3</i> .....	10
3.2 HIDRÁULICA.....	11
3.2.1 <i>Critérios Gerais para Implantação das EB's</i> .....	11
3.2.2 <i>N.A. Característicos de Projeto</i> .....	12
3.3 ESTRUTURAS.....	12
3.4 ELETROMECAÂNICA .....	14
3.4.1 <i>Conduitos de Recalque</i> .....	14
3.4.2 <i>Potência das Bombas</i> .....	15
3.4.3 <i>Estudos de Transitórios Hidráulicos nos Conduitos do Recalque</i> .....	15
3.4.4 <i>Sifões nas Linhas de Descarga</i> .....	17
3.5 ASPECTOS OPERACIONAIS.....	18
<b>4. FICHA TÉCNICA DE DIMENSIONAMENTO.....</b>	<b>19</b>
4.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DAS EBS .....	19
4.2 FOREBAY DE MONTANTE .....	22
4.3 CASA DE BOMBAS .....	22
4.3.1 <i>Equipamentos Mecânicos da Casa de Bombas</i> .....	22
4.3.2 <i>Equipamentos Elétricos da Estação de Bombeamento</i> .....	25
4.3.3 <i>Equipamentos de Comando e Controle da Estação de Bombeamento</i> .....	33
4.3.4 <i>Equipamentos de Telecomunicação</i> .....	36
4.4 ADUTORAS.....	38
4.5 ESTRUTURA DE SAÍDA.....	39
4.6 FOREBAY DE JUSANTE .....	39

***ANEXO I - MEMÓRIA DE CÁLCULO - PROJETO ESTRUTURAL***

***ANEXO II - MEMÓRIA DE CÁLCULO - ESTUDOS DE TRANSITÓRIOS HIDRÁULICOS DAS ADUTORAS DE RECALQUE***

***ANEXO III - ANÁLISE HIDRÁULICA DO DIMENSIONAMENTO DOS SIFÕES NAS LINHAS DE DESCARGA***

***ANEXO IV - MEMÓRIAS DE CÁLCULO DE DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTOS DE RECALQUE E ESTIMATIVA DE POTÊNCIA DAS BOMBAS***

## **1. OBJETO E OBJETIVO**

O objeto deste relatório é o Projeto Básico de Transposição de Águas do Rio São Francisco para o Nordeste Setentrional, Eixo Norte – Trecho I.

O objetivo é apresentar o dimensionamento e as principais características das estações de bombeamento que compõem o Trecho I.

## **2. CONCEPÇÃO BÁSICA**

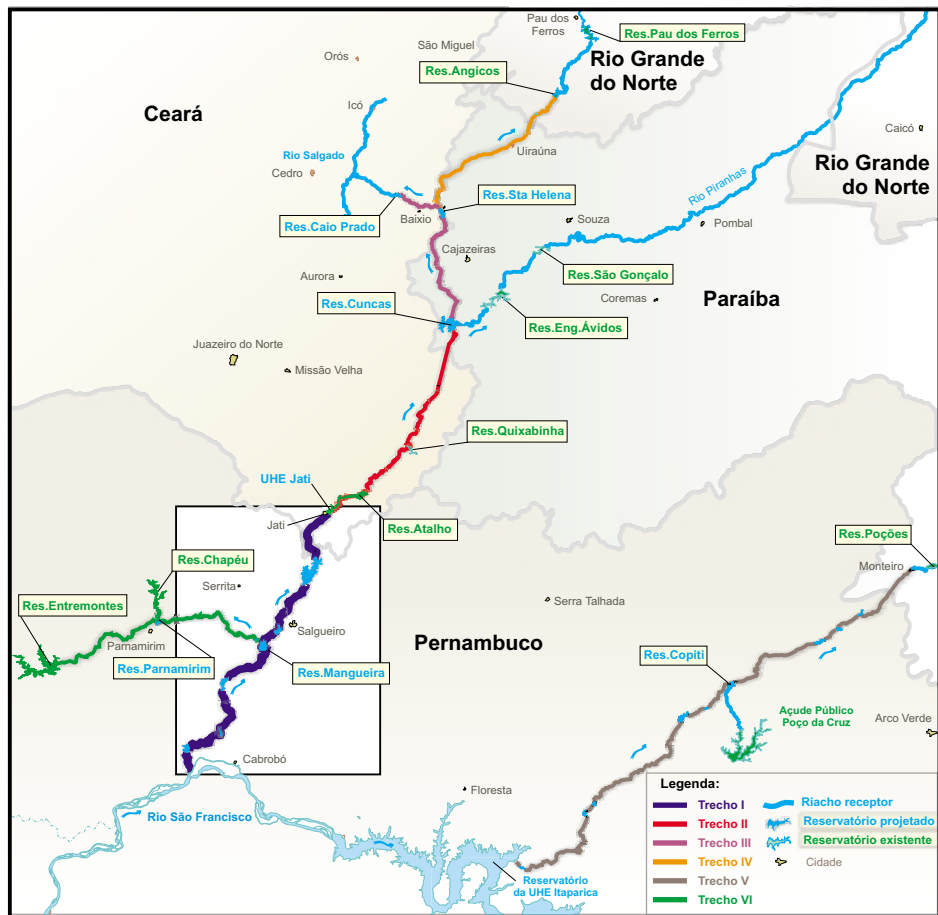
Para o sistema adutor do Trecho I – Eixo Norte foram previstas três estações de bombeamento: EB-I/1, EB-I/2 e EB-I/3.

As figuras 2.1 e 2.2 mostram respectivamente planta e perfil esquemáticos do Trecho I destacando os principais componentes e a localização das estações de bombeamento.

As Estações de Bombeamento são compostas das seguintes estruturas principais:

- Transição de entrada;
- Forebay de Entrada;
- Casa de Bombas;
- Linha de Recalque;
- Estruturas de Deságüe;
- Forebay de Saída;
- Transição de Saída.

As transições de Entrada e Saída são respectivamente alargamentos e estreitamentos da seção do canal nos pontos de interseção entre o canal e os forebays.



Planta Chave

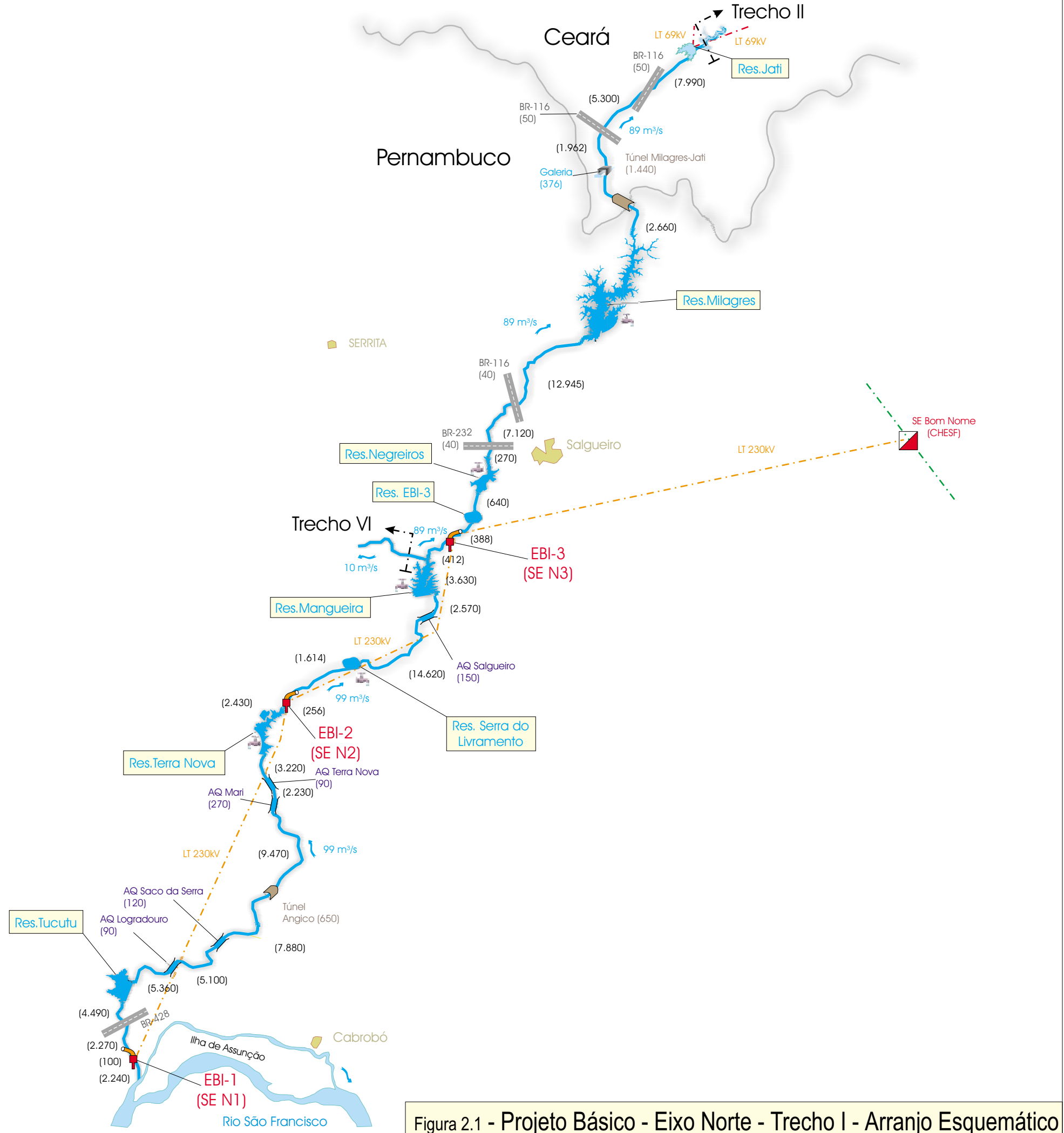
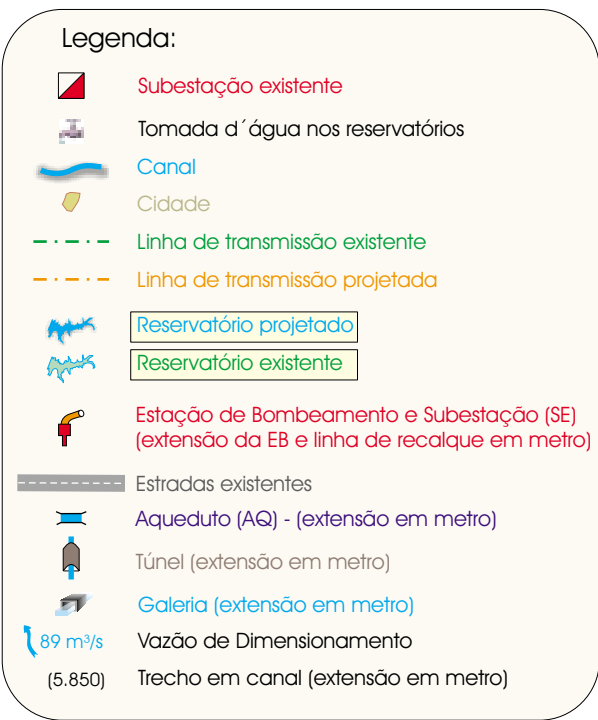


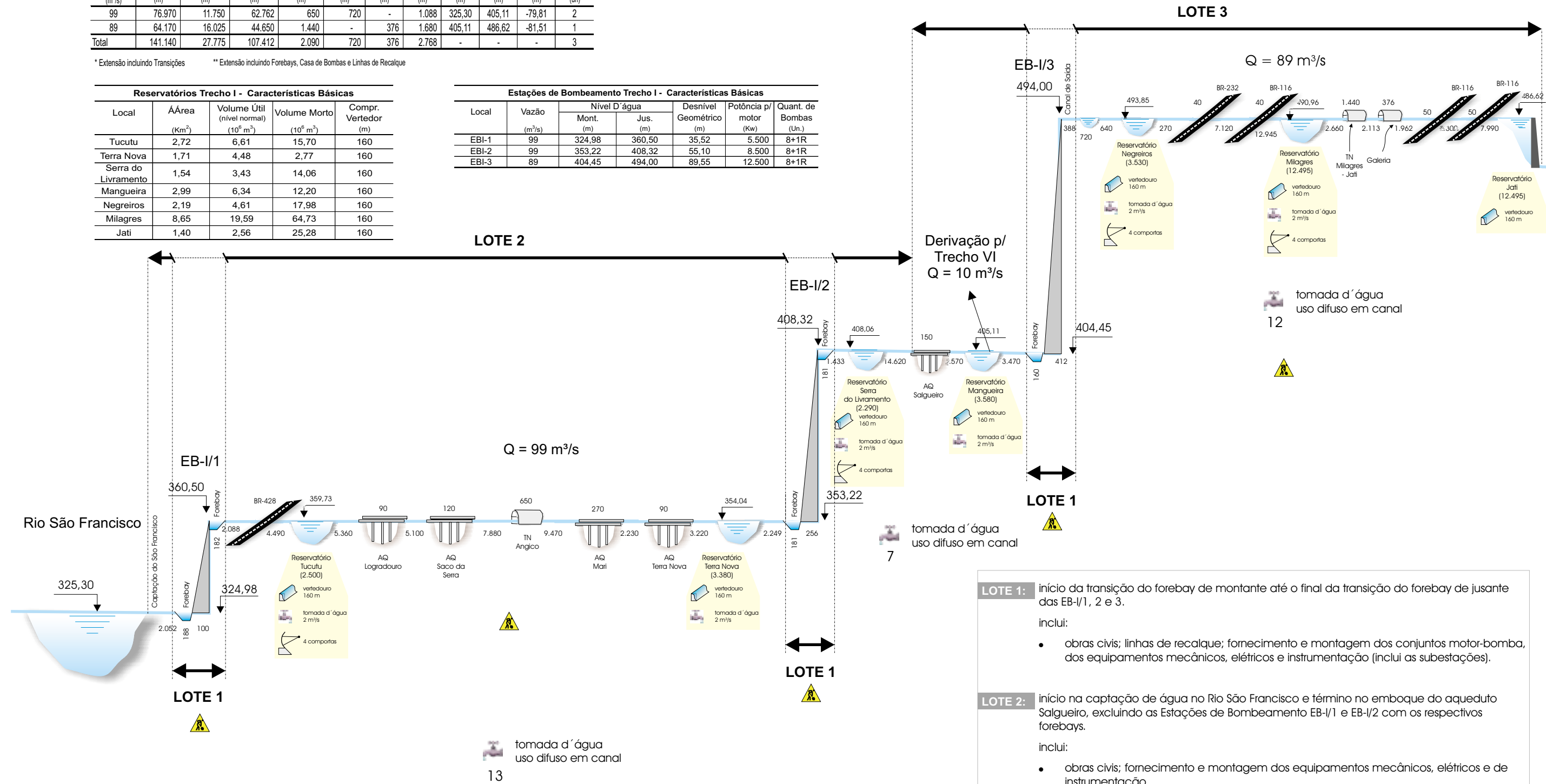
Figura 2.1 - Projeto Básico - Eixo Norte - Trecho I - Arranjo Esquemático

Resumo das Características Básicas do Trecho I											
Vazão (m³/s)	Extensão							Níveis D'água		Desnível (m)	Quant. EB's (un)
	Total (m)	Reservatórios (m)	Canais* (m)	Túneis (m)	Aquedutos (m)	Galerias (m)	EB's** (m)	Inicial (m)	Final (m)		
99	76.970	11.750	62.762	650	720	-	1.088	325,30	405,11	-79,81	2
89	64.170	16.025	44.650	1.440	-	376	1.680	405,11	486,62	-81,51	1
<b>Total</b>	<b>141.140</b>	<b>27.775</b>	<b>107.412</b>	<b>2.090</b>	<b>720</b>	<b>376</b>	<b>2.768</b>	-	-	-	<b>3</b>

\* Extensão incluindo Transições      \*\* Extensão incluindo Forebays, Casa de Bombas e Linhas de Recalque

Reservatórios Trecho I - Características Básicas				
Local	Área (Km²)	Volume Útil (10⁶ m³) (nível normal)	Volume Morto (10⁶ m³)	Compr. Vertedor (m)
Tucutu	2,72	6,61	15,70	160
Terra Nova	1,71	4,48	2,77	160
Serra do Livramento	1,54	3,43	14,06	160
Mangueira	2,99	6,34	12,20	160
Negreiros	2,19	4,61	17,98	160
Milagres	8,65	19,59	64,73	160
Jati	1,40	2,56	25,28	160

Estações de Bombeamento Trecho I - Características Básicas						
Local	Vazão (m³/s)	Nível D'água		Desnível Geométrico (m)	Potência p/ motor (Kw)	Quant. de Bombas (Un.)
		Mont. (m)	Jus. (m)			
EBI-1	99	324,98	360,50	35,52	5.500	8+1R
EBI-2	99	353,22	408,32	55,10	8.500	8+1R
EBI-3	89	404,45	494,00	89,55	12.500	8+1R



- LOTE 1:** início da transição do forebay de montante até o final da transição do forebay de jusante das EB-I/1, 2 e 3.  
inclui:
  - obras civis; linhas de recalque; fornecimento e montagem dos conjuntos motor-bomba, dos equipamentos mecânicos, elétricos e instrumentação (inclui as subestações).
- LOTE 2:** início na captação de água no Rio São Francisco e término no emboque do aqueduto Salgueiro, excluindo as Estações de Bombeamento EB-I/1 e EB-I/2 com os respectivos forebays.  
inclui:
  - obras civis; fornecimento e montagem dos equipamentos mecânicos, elétricos e de instrumentação.
- LOTE 3:** início no emboque do aqueduto Salgueiro e término na barragem de Jati (excluindo a Estação de Bombeamento EB-I/3, forebay de montante e canal de saída).  
inclui:
  - obras civis; fornecimento e montagem dos equipamentos mecânicos, elétricos e de instrumentação.

**Legenda:**  
 Área de abrangência do canteiro de obras  
 Canteiro de Obras.  
 Cotas e extensões em metro.

Figura 2.2 - Projeto Básico - Eixo Norte - Trecho I - Principais Características



Os forebays de Entrada e Saída são câmaras de carga destinadas a reduzir as oscilações de níveis d'água em função da operação das Estações de Bombeamento.

As casas de bombas foram dimensionadas de acordo com a definição do tipo de bomba a ser utilizado.

Para a definição das Estações foi estabelecido que as bombas adotadas para os sistemas adutores principais seriam do tipo de eixo vertical. Para as capacidades em questão - grande vazão e altura manométrica de baixa para média, os conjuntos do tipo eixo vertical apresentam arranjos que requerem instalações e obras civis bem menores do que as de eixo horizontal. Foram consideradas também as interfaces entre a estrutura civil e os equipamentos hidromecânicos, tais como grades, comportas-ensecadeiras, válvulas, e os conjuntos moto-bombas propriamente ditos, que são consideravelmente mais simples na solução com eixo vertical.

Tendo em vista fatores técnicos e econômicos, principalmente considerando a grande simplicidade da obra civil, foi mantida, para o desenvolvimento do projeto básico, a solução concebida nos Estudos de Viabilidade, de bombas de eixo vertical do tipo poço úmido. Entretanto, as especificações técnicas, apresentadas no R17, deverão facilitar ao proponente o ajuste à outros tipos de bomba. Neste caso, a proposta deverá apresentar um novo projeto de obras civis e equipamentos, contemplando o desempenho técnico/econômico dos conjuntos moto-bombas, somado aos custos das obras civis e demais equipamentos auxiliares necessários, além dos custos de operação e manutenção.

Cada estação de bombeamento deverá ter 8 unidades além de uma unidade de bombeamento de reserva. Com a fixação das capacidades hidráulicas de adução no Trecho I, em 99 e 89 m<sup>3</sup>/s, as vazões unitárias resultaram em 12,4 m<sup>3</sup>/s para as EBs I/1 e I/2 e 11,1 m<sup>3</sup>/s para a EB I/3.

Os arranjos eletromecânicos das estações de bombeamento são apresentados nos desenhos: 261-FUN-TSF-A1-B0028, 261-FUN-TSF-A1-B0029, 261-FUN-TSF-A1-B0030, 261-FUN-TSF-A1-B0031, 261-FUN-TSF-A1-B0105, 261-FUN-TSF-A1-B0106, 261-FUN-TSF-A1-B0107, 261-FUN-TSF-A1-B0108, 261-FUN-TSF-A1-B0160, 261-FUN-TSF-A1-B0161, 261-FUN-TSF-A1-B0162 e 261-FUN-TSF-A1-B0163.

Foram indicadas nos arranjos as dimensões principais dos conjuntos de bombeamento, obtidas através de consultas aos tradicionais fabricantes desses equipamentos. Foram incluídos também os equipamentos de içamento e os hidromecânicos.

As linhas de recalque foram previstas em tubulações de aço carbono, implantadas sobre o terreno, fixadas por suportes metálicos devidamente ancorados.

## **2.1 FASEAMENTO**

As estações de bombeamento, constituídas por diversos conjuntos moto-bombas, são estruturas que se prestam amplamente à construção em fases. Neste tipo de obra, a postergação da instalação de equipamentos, bem como da construção de partes específicas das obras, implica em redução de custos globais. Definidas as características principais das estações de bombeamento, foram conduzidos estudos para definir as fases de construção dessas obras.

Para definir as fases de construção e instalação dos equipamentos das estações de bombeamento foram considerados que:

- todas as obras de terraplenagem e escavação em rocha, referente às obras das estações de bombeamento, deverão ser executadas em uma única fase, quando da implantação inicial das obras;
- as estruturas em concreto serão executadas em uma única fase, também quando da implantação inicial das obras;
- as linhas de transmissão e obras principais das subestações de energia deverão ser implantadas em uma única etapa;
- os equipamentos eletromecânicos deverão ser implantados em tantas fases quanto sejam viáveis tecnicamente e/ou a realização de licitações para sua aquisição e instalação, atendendo as demandas de projeto (Cenário C8') definidas nos Estudos de Viabilidade.

Constatou-se que o fator limitante na definição das fases de implantação dos equipamentos de bombeamento é a implantação e operação dos transformadores abaixadores de tensão, em função das cargas reativas no sistema elétrico. Desse modo, com base nos resultados desses estudos foram definidas as fases de

implantação das estações de bombeamento, conforme apresentado no Quadro 2.1, sendo:

- 1ª Fase – ano 2004: (início de funcionamento do Sistema): 4 bombas, sendo 3 operativas e 1 reserva nas EBs I/1, I/2 e I/3;
- 2ª Fase – ano 2007: 7 bombas (3 adicionais), sendo 6 operativas e 1 reserva nas EBs I/1, I/2 e I/3;
- 3ª Fase – ano 2017: 9 bombas (2 adicionais), sendo 8 operativas e 1 reserva nas EBs I/1, I/2 e I/3.

**QUADRO 2.1**  
**FASES DE IMPLANTAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE BOMBEAMENTO**

ANO	Captação - Derivação Entremontes		Derivação Entremontes - Cuncas
	EB-I/1	EB-I/2	EB-I/3
2000	3+1R	3+1R	3+1R
2001			
2002			
2003			
2004	INÍCIO DE OPERAÇÃO DO SISTEMA		
2005			
2006			
2007	6+1R	6+1R	6+1R
2008			
2009			
2010			
2011			
2012			
2013			
2014			
2015			
2016			
2017	8+1R	8+1R	8+1R
2018			
2019			
2020			
2021			
2022			
2023			
2024			
2025			

1ª FASE

2ª FASE

3ª FASE

Fonte: Estudo de Viabilidade – R19 – Dimensionamento Hidráulico da Alternativa Seleccionada, 2000 – Consórcio ENGECORPS-HARZA.

### **3. SÍNTESE DOS ESTUDOS DESENVOLVIDOS**

#### **3.1 GEOLOGIA-GEOTECNIA**

Os locais de implantação das estações de bombeamento foram investigados através de seções de refração sísmica, sondagens a percussão e sondagens mistas, assim como reconhecimento geológico de campo. Os resultados das investigações e considerações mais detalhadas são apresentados no Relatório R9 – Geologia e Geotecnia.

##### **3.1.1 Estação de Bombeamento EBI-1**

Essa estrutura situa-se em área de ocorrência de biotita gnaisses com foliação N60° a N70°W e mergulhos variáveis, de subverticais a baixo ângulo, o que, em princípio, é favorável à estabilidade dos taludes de corte.

O perfil geológico exhibe uma espessura de 2 a 4 m de solo coluvial e detrítico, recoberto por horizonte de saprolito de gnaisses com espessuras de 2 a 6 m em média, e o maciço rochoso caracteriza-se por velocidades sísmicas acima de 2.000 m/s em gnaisses são a pouco alterados, com grau de fraturamento médio.

A seção geológico-geotécnica está apresentada no desenho 261-FUN-TSF-A1-B0617.

##### **3.1.2 Estação de Bombeamento EBI-2**

Essa estrutura situa-se em área topograficamente mais acidentada, devido à ocorrência de rochas intrusivas grosseiras, aqui denominadas de sienitos. Estas rochas, muito rígidas, afloram com frequência exibindo picos rochosos, lajes e grandes blocos.

No canal de aproximação, cerca de 100 m a montante da estação de bombeamento elevatória, situa-se o contato geológico dos gnaisses finos e foliados com os sienitos, o qual é gradual, dadas as injeções de rocha granitóide na encaixante.

Nesse tipo litológico a espessura de cobertura de solo e saprolito é pouco expressiva, possuindo maior expressão na região entre o contato geológico e a EB, onde o horizonte de saprolito atinge cerca de 3 m de espessura e pode englobar blocos de sienito oriundos de afloramentos situados em cotas mais elevadas.

As escavações para a implantação da EBI-2 serão executadas em rocha de boa qualidade e boas características geomecânicas. Já aquelas previstas para o canal de aproximação se darão em gnaisses foliados, são a pouco alterados, cuja estabilidade estará, em princípio, condicionada à orientação da foliação com relação à direção dos taludes de corte.

A seção geológico-geotécnica está apresentada no desenho 261-FUN-TSF-A1-B0618.

### **3.1.3 Estação de Bombeamento EBI-3**

O contexto geológico nesta EB é muito semelhante a da EBI-2. A mudança abrupta da topografia imediatamente a montante da EBI-3, é reflexo do contato geológico entre os gnaisses cisalhados e os sienitos intrusivos. Os gnaisses apresentam-se com foliação de baixo ângulo e injetados pela intrusiva sienítica.

O maciço rochoso a ser escavado apresenta boas características geomecânicas quanto à resistência e fraturamento e não são de esperar maiores problemas de estabilidade nos taludes de corte.

O canal em aterro que se segue a jusante da tubulação adutora e da estrutura do sifão é constituído por uma sucessão de afloramentos de rocha e blocos soltos de sienito, alguns dos quais deverão necessitar desmonte, remoção ou estabilização.

A seção geológico-geotécnica está apresentada no desenho 261-FUN-TSF-A1-B0619.

## **3.2 HIDRÁULICA**

### **3.2.1 Critérios Gerais para Implantação das EB's**

As estações de bombeamento, de acordo com os aspectos condicionantes topográficos e geológicos locais, foram implantadas de modo a vencer o desnível geométrico, entre os canais de montante e jusante, na menor distância possível.

Para controlar as oscilações diárias dos níveis d'água, durante as interrupções do sistema de recalque, haverá um "forebay" a montante e outro a jusante de cada estação de bombeamento, com cerca de 180 m de comprimento e 70 m de largura, esta última condicionada pelo arranjo geral das estruturas que deverão abrigar 9 bombas.

Devido a presença dos "forebays", as velocidades do fluxo nas regiões de aproximação e saída das EB's serão inferiores a 1,0 m/s proporcionando um escoamento hidráulico adequado, no sentido de reduzir perdas de cargas e minimizar os efeitos dos fenômenos oscilatórios.

As bombas foram dimensionadas para vencer as alturas manométricas em cada local, para qualquer situação de vazões e dos níveis d'água operacionais previstos.

O posicionamento do eixo dos grupos moto-bombas levou em conta os níveis d'água mínimos operacionais previstos, respectivamente, a montante e jusante, obedecendo aos seguintes critérios, conforme estabelecidos no relatório R2:

- A altura de sucção nas tomadas d'água considerou a operação de apenas uma bomba, com o N.A. mínimo minimorum de montante decorrente da altura normal de escoamento em regime permanente ( $h = 1,82$  m para  $Q = 99$  m<sup>3</sup>/s e  $h = 1,70$  m para  $Q = 89$  m<sup>3</sup>/s;
- No canal de restituição, o N.A. minimorum corresponde ao N.A. ditado pela cota da soleira da estrutura de controle instalada no reservatório de jusante (com vazão nula).

Demais aspectos relativos às adutoras de recalque e fixação das potências das bombas, estão mencionadas no item 3.4.

### **3.2.2 N.A. Característicos de Projeto**

Para o dimensionamento dos sistemas componentes das estações de bombeamento foram fixados os níveis d'água característicos decorrentes das operações normais e emergenciais de funcionamento dos sistemas de recalque, conforme caracterizados no Relatório R2.

Com auxílio do modelo hidrodinâmico, foram simuladas as condições de transitórios hidráulicos, devido à parada obrigatória de 3 horas diárias e, também, a passagem de cheias pelo sistema, conforme consta do Relatório R12.

A Tabela 4.1 mostra os níveis d'água característicos de projeto, a montante e jusante de cada estação de bombeamento.

Foram também analisados os aspectos de transientes hidráulicos nas adutoras de recalque, cujos comentários são apresentados no item 3.4.

## **3.3 ESTRUTURAS**

### **a) Tomada D'água**

A estrutura da tomada d'água de cada uma das estações de bombeamento consiste em 9 (nove) unidades de bombeamento instaladas em 9 (nove) células independentes entre si, de modo a possibilitar a sua manutenção isoladamente, utilizando-se da comporta ensecadeira a jusante da grade de proteção contra detritos. Com a comporta ensecadeira posicionada, esgota-se a água da célula com utilização de uma bomba submersível.

Sobre a estrutura da tomada d'água, localiza-se o edifício de comando e galerias. Na galeria do piso das bombas encontram-se o grupo diesel, os compressores de ar e transformadores de serviços auxiliares. Acima, na galeria superior, ficam a sala de baterias e a sala de quadros elétricos e as salas de painéis elétricos e de

controle e os sanitários e vestiários masculino e feminino. Adjacente a essa estrutura, conta-se com a estrutura da ponte rolante utilizada na montagem e manutenção dos equipamentos de recalque.

Para a operação da casa de bombas, são previstos os seguintes serviços auxiliares mecânicos: drenagem, esvaziamento, ar comprimido de serviços gerais, água de serviço, água potável, proteção contra incêndio, esgoto sanitário, medições hidráulicas, ventilação das galerias, ar condicionado, e tratamento de óleo lubrificante.

A estrutura da tomada d'água é munida de junta de contração, dada a sua considerável extensão. Similarmente, a superestrutura de controle e galerias da estrutura da ponte rolante são munidas de juntas de dilatação.

Como os vãos das vigas longitudinais da superestrutura são grandes, optou-se pela execução da junta de dilatação confinada por dois pilares adjacentes, resultando assim uma estrutura mais adequada para resistir à ação do vento.

A fundação da tomada d'água situa-se sobre rocha sã, sendo os taludes adjacentes à estrutura escavados verticalmente. Foram elaboradas análises de estabilidade dessa estrutura, constatando-se tensões verticais na fundação sempre de compressão (superior a subpressão) e com valor máximo da tensão efetiva (tensão de contato concreto x rocha) inferior a  $1,1 \text{ kgf/cm}^2$ .

A segurança contra a flutuação é sempre superior a 1,1 e a segurança contra o escorregamento é bastante satisfatória, pois o coeficiente é superior a 1,5 mesmo sem contar com colaboração da coesão/concreto x rocha.

#### **b) Estrutura de Saída (Deságüe)**

A estrutura de deságüe é do tipo sifão, de aeração automática, não permitindo o retorno da água da câmara de carga de jusante em uma eventual situação de emergência.

Essa estrutura, com núcleo em "CCR", apoia-se diretamente ou através do maciço de CCR, na rocha sã, e é constituída de concreto classe B ( $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$ ),



abrigando as transições dos condutos forçados de seção circular para retangular a montante, e a jusante, os difusores de deságüe para a câmara de carga.

O sistema de aeração, instalado no topo do sifão, tem como função interromper a coluna de água aduzida através do conduto forçado, durante uma eventual parada das unidades de bombeamento, por falta de energia elétrica.

A estrutura que antecede a câmara de descarga é provida de ranhuras para comportas ensecadeiras que serão utilizadas para a manutenção do sistema.

Efetuada a análise, verificou-se estabilidade bastante satisfatória para a estrutura de cada deságüe, constatando-se tensões verticais de compressão inferiores a  $6 \text{ kgf/cm}^2$  no contato concreto x rocha.

As Memórias de Cálculo Estrutural estão apresentadas no Anexo I.

### **c) Bloco de Apoio das Adutoras**

Foram verificadas as suas estabilidades. O dimensionamento foi feito com base na carga de sustentação da adutora e nos esforços oriundos de atrito no apoio.

## **3.4 ELETROMECAÂNICA**

### **3.4.1 Condutos de Recalque**

Para o dimensionamento dos condutos de recalque foram adotados os critérios de dimensionamento descritos no Relatório R2 – Critérios de Projeto.

As considerações de cálculo e condições específicas dos condutos para cada Estação de Bombeamento, são apresentados no Anexo IV. A tabela 3.1 apresenta um resumo das principais características dos condutos para estas Estações.

**TABELA 3.1**  
**CARACTERÍSTICAS DOS CONDUTOS DE RECALQUE**

<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>EB-I/1</b>	<b>EB-I/2</b>	<b>EB-I/3</b>
Número de condutos principais	9	4	4
Diâmetro dos condutos principais (mm)	2.300	3.000	2.900
Extensão dos Condutos Principais (m)	109	268	419,40
Velocidade de escoamento (m/s)	2,98	3,5	3,4
Peso Estimado dos Condutos (t)	58,74	228	480
Espessura de chapa (mm)	9,5	11,5	16,0

**3.4.2 Potência das Bombas**

A Potência das Bombas foi estimada com base nos critérios estabelecidos no relatório R2 – Critérios de Projeto, sendo verificadas junto a fabricantes destes equipamentos. As respectivas memórias de cálculo são apresentadas no Anexo IV, sendo as potência, para cada bombas:

- EB-I/1 ..... 4.829 kW/bomba
- EB-I/2 ..... 7.664 kW/bomba
- EB-I/3 ..... 10.573 kW/bomba

**3.4.3 Estudos de Transitórios Hidráulicos nos Condutos do Recalque**

Os Estudos de Transitórios Hidráulicos nos condutos de recalque são apresentados no Anexo II, e estão divididas em três partes complementares, sendo:

- Anexo II – Estudos de Transitórios Hidráulicos nas Aduadoras de Recalque;
- Anexo II-A – Simulações – Listagens de Saída de Computadores;
- Anexo II-B – Análise Hidráulica em Regime Permanente.

As principais conclusões e recomendação destes estudos podem ser resumidas no seguinte:

**a) Sistema EB-I/1**

Para o sistema de bombeamento EB-I/1, não será necessário a adoção de dispositivos de proteção contra transitórios hidráulicos. Entretanto, foram verificados pontos de pressão negativos os quais serviram de subsídio nas reavaliações do dimensionamento dos condutos.

**b) Sistema EB-I/2**

Neste sistema, foram verificados problemas de vácuo absoluto com separação de coluna e subsequente “golpe de concreto”, para a implantação dos condutos de recalque conforme dimensionamento preliminar, ou seja, com o mínimo de escavação em rocha. Para tanto, foram sugeridas três soluções para sistemas de proteção:

- Aumento do momento de inércia dos motores ( $GD^2$ ) em conjunto com o aprofundamento da linha de recalque;
- Instalação de um tanque hidropneumático;
- Instalação de 2 (duas) chaminés de equilíbrio.

Os estudos de comparação econômica das três alternativas elegeram como solução mais apropriada o aumento de inércia dos motores associado ao aprofundamento das linhas de recalque.

**c) Sistema EB-I/3**

Similarmente ao Sistema EB-I/2, este sistema também apresentou problemas quanto à implantação preliminar dos condutos de recalque.

Foram, portanto, sugeridas duas alternativas para solução para os sistemas de proteção, sendo:

- Aumento do momento de inércia dos motores, associado ao aprofundamento das linhas de recalque;
- Instalação de um tanque hidropneumático.

Mais uma vez, os estudos econômicos convergiram para a adoção da solução de aumento do momento de inércia associado ao aprofundamento das linhas de recalque.

#### **3.4.4 Sifões nas Linhas de Descarga**

Para a verificação do funcionamento adequado dos sifões analisado o comportamento hidráulico destas estruturas. As principais considerações destas verificações são apresentadas no Anexo III, sendo suas principais conclusões:

##### **a) Sistema EB-I/1**

Neste sistema haverá a autoescorva dos sifões, ou seja, o funcionamento normal dos conjuntos moto-bombas proporcionará o arraste de ar das estruturas de descarga.

##### **b) Sistema EB-I/2**

Neste sistema, similarmente ao Sistema EB-I/1, também haverá a autoescorva dos sifões nos momentos em que duas bombas estiverem recalçando para um mesmo conduto. Nos casos em que apenas uma bomba estiver recalçando para um conduto, não ocorrerá a autoescorva do sifão sendo que neste caso poderão ser adotadas uma das seguintes soluções:

- Instalação de um sistema de escorva forçada com a utilização de um sistema de vácuo (ver dimensionamento no Anexo III);
- Operação do sistema em um ponto diferente da curva. Neste caso o fabricante da bomba deverá garantir que a operação fora do ponto ótimo não afetará as partes mecânicas e consumos de energia.

**c) Sistema EB-I/3**

Para o sistema EB-I/3, valem as mesmas considerações que para o sistema EB-I/2, por se tratarem de arranjos iguais.

**3.5 ASPECTOS OPERACIONAIS**

O sistema deverá operar, obedecendo à faixa de níveis d'água mínimo e máximos operacionais previstos.

Em condições normais de funcionamento, o sistema de transposição PTSF deverá operar continuamente durante 21 horas diárias, em qualquer época, recalcando vazões de acordo com as necessidades de demanda, de acordo com o faseamento previsto. Por razões econômicas relacionadas aos custos de bombeamento, normalmente o sistema deverá ser paralisado durante as 3 horas de ponta diária do sistema elétrico, tendo em vista as maiores tarifas vigentes nesse horário.

Entretanto, nas condições de dimensionamento, o projeto previu a possibilidade de que, durante os finais de semana, com menores custos de bombeamento, o sistema não seja impedido de funcionar continuamente durante as 24 horas dos sábados e dos domingos. Portanto, todas as estruturas do sistema estão dimensionadas para a máxima vazão prevista que, dependendo do trecho, é de 89 ou 99 m<sup>3</sup>/s.

Durante o primeiro enchimento do sistema, com apenas uma bomba funcionando, os reservatórios deverão ser cheios, pelo menos, até serem atingidos os níveis d'água mínimos previstos em cada local, com o intuito de garantir cotas para as tomada d'águas de usos difusos e funcionamento adequado das regiões de sucção das bombas.

De acordo com as simulações hidrodinâmicas realizadas (vide relatório R12), resultaram os níveis d'água desse projetos indicadas na Tabela 4.1.

Junto aos "forebays" da entrada e saída das EB's, prevê-se as seguintes flutuações normais diárias dos N.As. em períodos de paradas de 3 horas:

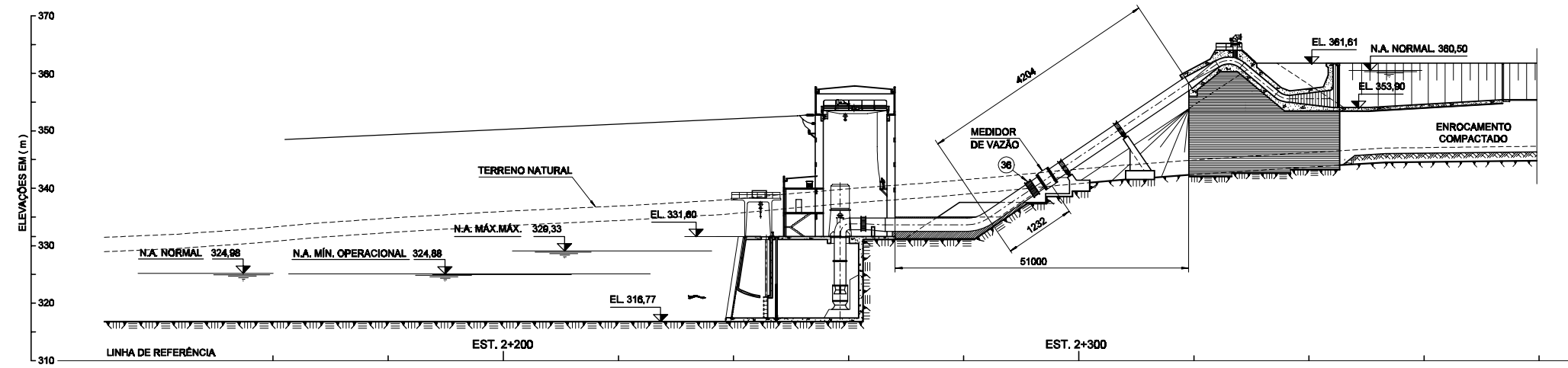
<b>LOCAL</b>	<b>N.A. MÁXIMO</b>	<b>N.A. MÍNIMO</b>	<b>FLUTUAÇÃO</b>
EBI-1 (MONTANTE)	325,63	325,07	0,56
EBI-1 (JUSANTE)	360,45	359,22	1,23
EBI-2 (MONTANTE)	353,67	352,80	0,87
EBI-2 (JUSANTE)	408,28	407,51	0,77
EBI-3 (MONTANTE)	405,44	404,54	0,90
EBI-3 (JUSANTE)	493,84	493,52	0,32

Demais aspectos relevantes ao sistema como um todo, podem ser apreciados no relatório R12 (261-FUN-TSF-RT-B0018).

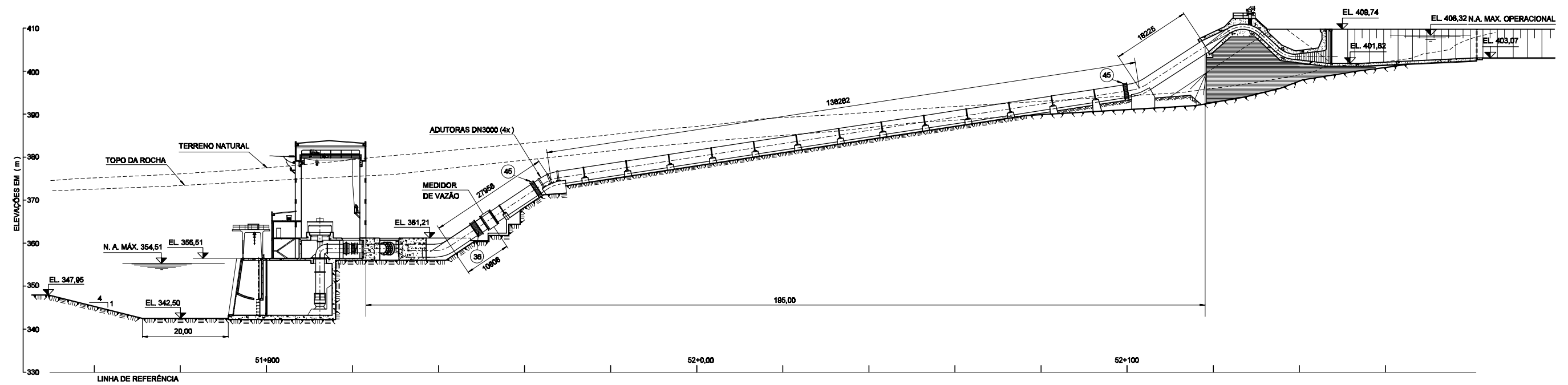
## **4. FICHA TÉCNICA DE DIMENSIONAMENTO**

### **4.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DAS EBS**

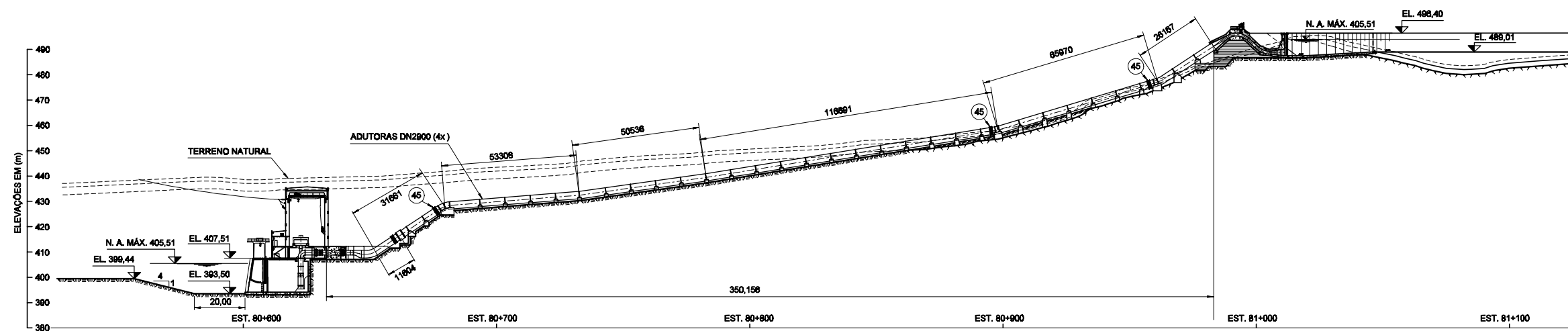
Na Figura 4.1 a seguir, são apresentados os cortes longitudinais típicos das estações de bombeamento previstas para o Trecho I. A Tabela 4.1 apresenta as principais características das EBS.



**EB I - 1 - PERFIL LONGITUDINAL**  
ESC. 1:500



**EB I - 2 - PERFIL LONGITUDINAL**  
ESC. 1:500



**EB I - 3 - PERFIL LONGITUDINAL**  
ESC. 1:1000

**FIGURA 4.1 - CORTES LONGITUDINAIS TÍPICOS**

TABELA 4.1 - CARACTERÍSTICAS DAS ESTAÇÕES DE BOMBEAMENTO

Estação de Bombeamento	Singularidade	Localização		Extensão (planta) (m)	Dimensões (m)	Montante					Jusante				
		inicial (km/m)	final (km/m)			Fundo (m)	N.A.min. min (m)	N.A.normal (m)	N.A.máx. oper (m)	N.A.máx.máx (m)	Fundo (m)	N.A.min. min (m)	N.A.normal (m)	N.A.máx. oper (m)	N.A.máx.máx (m)
EB - 1	Transição Entrada	1+971	2+052	81	C=81m H=13,14m a 13,23m L=9,5m a 70m	316,76	324,89	324,98	329,32	329,32	-	-	-	-	-
	Forebay Entrada	2+052	2+240	188	C=188m H=13,23m L=70m										
	Casa de Bombas	2+240	2+270	30	C=30m H=40,83m L=80,30m										
	Linha de Recalque	2+270	2+340	70	C=109m 9xø2,30m										
	Forebay Saída	2+340	2+522	182	C=182m H=6,35m L=70m										
	Transição Saída	2+522	2+608	86	C=86m H=6,35m a 6,00m L=70m a 6m										
EB - 2	Transição Entrada	51+626	51+709	83	C=83m H=6m a 8,56m L=6m a 70m	347,97	349,78	353,22	354,49	355,64	-	-	-	-	-
	Forebay Entrada	51+709	51+890	181	C=181m H=8,56m L=70m a 92,50m										
	Casa de Bombas	51+890	51+923	33	C=33m H=41,54m L=106,60m										
	Linha de Recalque	51+923	52+146	223	C=268m 4xø3,00m										
	Forebay Saída	52+146	52+327	181	C=181m H=6,67m L=70m										
	Transição Saída	52+327	52+411	84	C=84m H=6,67m a 6m L=70m a 6m										
EB - 3	Transição Entrada	80+322	80+440	118	C=118m H=5,7m a 8,07m L=6m a 70m	399,46	401,16	404,45	405,49	406,52	-	-	-	-	-
	Forebay Entrada	80+440	80+600	160	C=160m H=8,07m L=70m a 92,50m										
	Casa de Bombas	80+600	80+633	33	C=33m H=42,55m L=106,60m										
	Linha de Recalque	80+633	81+012	379	C=419,40m 4xø2,90m										
	Canal de Saída	81+012	81+400	388	C=338m H=7,39m L=35m										
	Reservatório	81+400	82+120	720	Var.										
	Canal de Saída	82+120	82+164	44	C=44m H=7,39m L=35m										

Obs: Níveis d'água obtidos a partir da envoltória máxima em regime transitório

L= Largura da base / Casa de bombas

C= Comprimento



**4.2 FOREBAY DE MONTANTE**

Com o objetivo de minimizar os efeitos hidrodinâmicos causados pela operação das bombas, foram projetados *forebays* a montante e a jusante das estações de bombeamento, que são câmaras de carga destinadas a reduzir as oscilações de níveis d’água em função da operação das Estações de Bombeamento.

A Tabela 4.2 apresenta as principais características dos forebays de montante, previstos para as EBs I/1, I/2 e I/3.

**TABELA 4.2  
CARACTERÍSTICAS DOS FOREBAYS DE MONTANTE**

<b>Estação</b>	<b>EB-I/1</b>	<b>EB-I/2</b>	<b>EB-I/3</b>
<b>Comprimento</b>	188,0	181,0	160,0
<b>Largura (m)</b>	70,0	70,0 a 92,5 <sup>(1)</sup>	70,0 a 92,5 <sup>(1)</sup>

(1) – Seção Variável

**4.3 CASA DE BOMBAS**

**4.3.1 Equipamentos Mecânicos da Casa de Bombas**

*4.3.1.1 Bombas Hidráulicas*

As nove bombas hidráulicas são do tipo vertical de poço úmido, adequadas para acionamento direto por motor síncrono, 60 Hz, com potência nominal e rotação conforme apresentado na tabela 4.3.

**TABELA 4.3  
POTÊNCIA NOMINAL E ROTAÇÃO DOS CONJUNTOS MOTOBOMBAS**

<b>ESTAÇÃO</b>	<b>EB-I/1</b>	<b>EB-I/2</b>	<b>EB-I/3</b>
Potência Nominal – por conjunto (kW)	5.500	8.500	12.500
Rotação prevista (rpm)	327	327	327

**4.3.1.2 Ponte Rolante**

A ponte rolante da casa de bombas é basicamente constituída por duas vigas principais do tipo caixão, sobre as quais se movimenta o carro suporte do guincho de levantamento das peças das unidades de bombeamento. A extensão do caminho de rolamento da ponte rolante cobre a área de montagem e a área compreendida pelas nove unidades de bombeamento.

As características gerais da ponte são indicadas na Tabela 4.4.

**TABELA 4.4  
CARACTERÍSTICAS GERAIS DAS PONTES ROLANTES**

<b>ESTAÇÃO</b>	<b>EB-I/1</b>	<b>EB-I/2</b>	<b>EB-I/3</b>
Capacidade (kN)	350 kN	550 kN	650 kN
Vão (m)	11,50	14,00	14,40
Curso do Moitão (m)	33,57	33,94	34,95
Extensão do Caminho de Rolamento (m)	80,00	106,00	106,00

**4.3.1.3 Sistema de Água de Drenagem e Esvaziamento**

As águas de infiltração dos diversos pisos e galerias são dirigidas ao poço úmido da unidade de bombeamento por gravidade, através de tubulações e canaletas.

Para o esvaziamento do poço úmido de qualquer uma das unidades de bombeamento, vedado a montante pela comporta ensecadeira da Tomada d'Água, está prevista a utilização de uma bomba submersível, a ser colocada em ranhura própria internamente ao poço.

O enchimento do poço úmido da bomba hidráulica, até o equilíbrio com o nível de montante, é efetuado através de válvulas do tipo *by-pass*, instaladas no tabuleiro da comporta ensecadeira da Tomada d'Água, as quais são acionadas pelo peso próprio da viga pescadora.

#### 4.3.1.4 *Serviço de Ar Comprimido de Serviços Gerais*

O sistema de ar comprimido tem a função de fornecer ar sob pressão para a utilização de ferramentas pneumáticas, para bicos de limpeza, etc. Estão previstos dois compressores com reservatórios.

#### 4.3.1.5 *Sistema de Água de Serviço e Potável*

O sistema fornece água de serviço para o atendimento dos sanitários, pia da sala de baterias e outros locais de consumo, e o seu abastecimento será feito através da captação de água bruta, diretamente do conduto na descarga da bomba, filtros de água, tubulações de distribuição e reservatório.

Para consumo humano deverá ser incluído no fornecimento, uma estação compacta de tratamento de água.

#### 4.3.1.6 *Sistema de Esgoto Sanitário*

O sistema de esgoto sanitário coleta as águas servidas dos sanitários e sala de baterias em um tanque de coleta. Deste local, o esgoto é conduzido para uma fossa séptica através de tubulações de ferro dúctil.

#### 4.3.1.7 *Sistema de Medições Hidráulicas*

O sistema é constituído de instrumentos diversos destinados à medição de níveis de montante e de jusante, detecção de pressão diferencial junto à grade, detecção de equilíbrio de pressões na comporta ensecadeira da Tomada d'Água e medição da vazão em cada um dos condutos forçados. A medição de vazão é feita através de medidores eletromagnéticos de vazão.

#### 4.3.1.8 *Sistema de Ventilação*

O sistema de ventilação visa proporcionar condições ambientais nas diversas galerias da Casa de bombas. É do tipo ventilação transversal com insuflamento a montante e exaustão natural a jusante. Na central de ventilação o ar é filtrado,

através de filtros recuperáveis de impregnação viscosa, e insuflado ao longo dos três níveis de galerias por meio de ventiladores do tipo centrífugo, dutos de distribuição de aço galvanizado e grelhas.

A ventilação do hall principal da casa de bombas é natural.

#### **4.3.1.9**    *Sistema de Ar Condicionado*

O sistema de ar condicionado visa proporcionar conforto ao ser humano e garantir condições de operação aos equipamentos na sala de controle. Este sistema utiliza condicionadores de ar do tipo autônomo *mini split*, dutos de distribuição de aço galvanizado com isolamento e grelhas.

#### **4.3.1.10**   *Sistema de Tratamento de Óleo*

Consistirá de uma centrífuga de óleo para purificação dos óleos lubrificantes e hidráulicos da área de influência da casa de bombas.

#### **4.3.1.11**   *Sistema antincêndio*

Haverá um conjunto de extintores portáteis, de acionamento manual e instalados nas paredes para o combate a incêndios nas diversas áreas internas da Estação de Bombeamento.

### **4.3.2**    **Equipamentos Elétricos da Estação de Bombeamento**

#### **4.3.2.1**    *Subestações Abaixadoras 230-6,9 kV*

As subestações serão do tipo convencional, barra simples, 230 kV. Será a partir das Subestações Abaixadoras que serão alimentadas as Estações de Bombeamento, que por sua vez alimentarão as Estruturas de Controle e Tomadas de Uso Difuso do Trecho I.

Serão em número de três (03), sendo uma para cada Estação de Bombeamento. As implantações das subestações foram projetadas na margem direita do canal, aproximadamente a 80 m a montante das Estações de Bombeamento.

A alimentação das subestações será feita através de uma linha de transmissão em circuito simples, 230 kV, fornecido pela concessionária local em um único ponto e distribuído para as demais subestações.

A subestação N1, que alimenta a Estação de Bombeamento EB-I/1, ponto de captação no rio São Francisco, particularmente terá uma área destinada ao Centro de Controle e Operação (CCO).

#### **4.3.2.2** *Motores Elétricos e Equipamentos Associados*

Cada estação de bombeamento terá nove motores do tipo síncrono, trifásico, 6,9 kV, de montagem vertical, que acionam bombas tipo vertical poço úmido.

Os motores serão instalados em estação de bombeamento coberta, sobreposto em piso de concreto, ou diretamente sobre a estrutura da bomba.

São considerados Equipamentos Associados todos os sistemas auxiliares elétricos ou mecânicos diretamente ligados aos motores como por exemplo: sistema de excitação, sistema de resfriamento (se aplicável), sistema de freios (se aplicável), sistema de óleo (se aplicável), etc.

Os Motores e Equipamentos Associados das EB-I/1, EB-I/2 e EB-I/3 são compostos por 9 motores síncronos, partida suave *soft starter*, sendo 1 motor de reserva, com as características apresentadas na Tabela 4.5

**TABELA 4.5**  
**CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS MOTORES ELÉTRICOS**

<b>ESTAÇÃO</b>	<b>EB-I/1</b>	<b>EB-I/2</b>	<b>EB-I/3</b>
Potência Nominal (kW)	5.500	8.500	12.500
Tensão Nominal (V)	6.900	6.900	6.900
Frequência Nominal (Hz)	60	60	60
Fator de Potência	1	1	1
Rotação Nominal Prevista (rpm)	327	327	327

**4.3.2.3** *Sistema de Distribuição de Média Tensão*

O Sistema de Distribuição de Média Tensão é constituído de cubículos equipados com disjuntores, transformadores de corrente, transformadores de potencial, sistema de medição, sistema de proteção, etc. que, recebendo alimentação proveniente dos transformadores abaixadores, alimentarão os motores, os circuitos de 6,9 kV, os transformadores auxiliares.

O Sistema de Distribuição de Média Tensão, na tensão de 6900 V, trifásico das EBs será constituído por:

- 4 cubículos de entrada proveniente de transformadores abaixadores, cada um composto por: disjuntor, transformadores de corrente, sistema de proteção, sistema de medição e sistema de intertravamento;
- 9 cubículos para alimentação dos motores, cada um composto por: disjuntor, transformadores de corrente, transformadores de potencial, sistema de proteção e sistema de medição;
- 3 cubículos de interligação compostos por: disjuntor, sistema de intertravamento;

- 2 cubículos para alimentação dos transformadores de serviços auxiliares, cada um composto por: disjuntor, transformadores de corrente, transformadores de potencial, sistema de proteção e sistema de medição.
- 2 cubículos para alimentação das linhas de transmissão 6,9 kV, cada um composto por: disjuntor, transformadores de corrente, transformadores de potencial, pára-raios, sistema de proteção e sistema de medição;

#### *4.3.2.4 Sistemas de Partidas dos Conjuntos de Motores*

Os sistemas de partida estão especificados para que durante o processo de partida ou de parada dos conjuntos moto-bombas não transmitam esforços desnecessários às instalações e aos condutos.

Nessas condições está sendo especificado o processo de partida suave ou Soft Starter, uma unidade para cada motor, em 6900 V, trifásico, que deverão ser fornecidas de acordo com a potência dos motores, apresentadas na Tabela 4.5.

#### *4.3.2.5 Sistema de Serviços Auxiliares de Corrente Alternada*

O Sistema de Serviços Auxiliares de Corrente Alternada é constituído por transformadores de serviços auxiliares, quadros de distribuição das estações de bombeamento, quadros de distribuição das subestações e grupos diesel geradores. As tensões de utilização para os serviços auxiliares de corrente alternada é de 380/220 Vca.

O Sistema de Serviços Auxiliares de Corrente Alternada, na tensão de 380/220 V, trifásico de cada EB é constituído por:

- 2 transformadores trifásicos, 6900-380/220 Vca, 225 kVA, seco, AN, encapsulados em epóxi, conforme norma NBR10295, completo com todos os acessórios de norma, transformador de corrente de neutro;
- 1 quadro de distribuição de corrente alternada QDCA, completo com alimentadores provenientes dos transformadores de serviços auxiliares, alimentador proveniente do grupo diesel gerador, disjuntor de interligação,

alimentadores de cargas, demarradores de motores, transformadores de corrente, sistema de proteção, sistema de medição, sistema de intertravamento;

- 1 quadro de distribuição de corrente alternada da subestação QDSE, completo com alimentadores provenientes do quadro QDCA, alimentadores de cargas, transformadores de corrente, sistema de proteção, sistema de medição, sistema de intertravamento;
- 1 grupo diesel gerador trifásico, 75 kVA, 380/220 Vca, completo com painel PCGD com alimentador para QDCA, transformadores de corrente, sistema de proteção, sistema de medição, sistema de intertravamento.

#### *4.3.2.6 Sistema de Serviços Auxiliares de Corrente Contínua*

O Sistema de Serviços Auxiliares de Corrente Contínua será constituído por carregadores de baterias, baterias e quadros de distribuição.

As tensões de utilização para os serviços auxiliares de corrente contínua é de 125 Vcc para comando, controle e proteção, a tensão 48 Vcc a ser utilizada em telecomunicação será proveniente de conversores 125-48 Vcc a ser instalado nos quadros de telecomunicação.

O Sistema de Serviços Auxiliares de Corrente Contínua, na tensão de 125 Vcc, positivo e negativo isolados de cada EB será constituído por:

- 2 carregadores de baterias entrada trifásica 380 Vca, saída 125 Vcc, 10 kVA, 75A, alimentados através do QDCA, com unidade de diodos de queda;
- 1 bateria com 60 elementos tensão nominal 125 V, 150 Ah/10horas, alimentada pelos carregadores;
- 1 quadro de distribuição de corrente contínua QDCC, completo com alimentador proveniente dos retificadores através da unidade de diodos de queda, alimentadores de cargas, shunt, sistema de proteção, sistema de medição.



#### 4.3.2.7 *Sistema de Iluminação e Tomadas*

O sistema de iluminação proporcionará o iluminamento adequado às diversas áreas da Estação de Bombeamento, dimensionado de acordo com a importância do ambiente atendido ou do tipo de serviço que determinado equipamento realiza, levando-se em conta que, certos ambientes, um nível mínimo de iluminamento deverá ser mantido sob quaisquer condições de operação, bem como o regime de operação não assistida.

Na área interna da Estação de Bombeamento haverá dois níveis de iluminamento com valores definidos de acordo com a NBR-5413, um para operação normal e outro para serviços de manutenção, além de iluminação suplementar localizada, quando necessário. A iluminação de emergência, nas áreas onde podem ser realizados serviços, será dimensionada para níveis de 30 lux.

Além do previsto acima haverá iluminação de balizamento nas áreas externas e onde possa ocorrer circulação de pessoal, a iluminação será projetada para garantir um iluminamento mínimo de 5 lux. Nas áreas com quadros elétricos, vestiários, sala de baterias, será previsto um iluminamento mínimo de 150 lux além de iluminamento localizado de 350 lux para a sala de controle bem como a possibilidade de instalação de projetores portáteis.

#### 4.3.2.8 *Sistema de Vias de Cabos*

O sistema de vias de cabos das estações de bombeamento deverá ser implantado em bandejas de aço galvanizado, largura 400 mm, aba 100 mm e em eletrodutos flexíveis com conectores para ligação aos equipamentos e motores.

Internamente às bandejas, os cabos deverão ser suportados e separados em níveis de acordo com funções específicas (média tensão/baixa tensão ca/controle/telecomunicação). Os eletrodutos para acoplamento aos equipamentos também deverão conter cabos de mesma função.

#### 4.3.2.9 *Sistema de Fiação*

O sistema de fiação compreenderá o conjunto de cabos e fios isolados

necessários à interligação dos equipamentos, entre os equipamentos e o sistema de proteção, entre os equipamentos e o sistema de controle, estão considerados todos os cabos utilizados na distribuição de energia, comando, controle, proteção, telefonia e iluminação.

Serão considerados na definição dos cabos os seguintes requisitos gerais:

- resistência térmica;
- resistência mecânica;
- resistência à umidade e aos agentes externos;
- resistência ao fogo e características de não propagação de chama;
- características de dobramento e flexibilidade.

#### 4.3.2.9.1 Tipos de Cabos

As categorias de cabos serão as seguintes:

- Cabos de Controle, serão cabos com isolamento termoplástico ou termoestável, classe 600 V multipolares, blindados ou não, com condutores de cobre;
- Cabos de iluminação, serão cabos com isolamento termoplástico de PVC, classe 600 V, podendo ser unipolares ou multipolares, com condutores de cobre têmpera mole, e bitola mínima de 2,5 mm<sup>2</sup>;
- Cabos de energia, em baixa tensão (0,6 a 1 kV) serão cabos de três (03) condutores com seção mínima de 4 mm<sup>2</sup> e máxima de 50 mm<sup>2</sup> e, cabos de 1 condutor para seções superiores a 50 mm<sup>2</sup>;
- Cabos de energia, em média tensão (maior que 1 kV) serão cabos de um (01) condutor com seção mínima de 25 mm<sup>2</sup>;
- Cabos tipo telefônico, multipares, blindados para Sistema de Controle Digital.

Serão utilizados cabos de quatro (04) condutores para ligação de transformadores de instrumentos, cabos de até doze (12) condutores para os sistemas de controle de 125 Vcc e cabos de até 50 pares no Sistema Digital de Supervisão e Controle (SDSC).

Os cabos serão dimensionados de acordo com suas aplicações, respeitando-se as quedas máximas de tensões ditadas por normas ou suportadas pelas cargas, e pelas elevações máximas de temperatura em regime e em condições de curto-circuito. Porém, em qualquer condição, as quedas de tensão entre os terminais de saída dos transformadores de serviços auxiliares e as cargas serão no máximo de 6% sobre o valor nominal, para circuitos de iluminação 8%, para outras utilizações, respeitando-se uma queda parcial de 2% nos circuitos terminais de iluminação. Os circuitos terminais para motores serão dimensionados para no mínimo 125% do valor nominal da corrente de carga.

#### 4.3.2.10 Sistema de Aterramento

O sistema de aterramento foi dimensionado conforme norma IEEE 80/1976 levando em consideração um solo com resistividade de 1000  $\Omega\text{m}$ . Para cálculo da resistência de aterramento da instalação, bem como de potenciais perigosos, nas Estações de Bombeamento e Subestações, no projeto executivo, deverão ser realizadas medições para obtenção da resistividade do solo na região das instalações, através do método de WERNER.

As Estações de Bombeamento foram providas de um sistema de aterramento constituído por cabos de cobre nu sobre o solo escavado interconectados por soldagem decorrente de processo exotérmico, interligação da malha com as ferragens estruturais também através de conexões exotérmicas.

Os condutores principais que sobem para os níveis superiores serão conectados a placas de aterramentos, possibilitando a conexão dos equipamentos e partes metálicas não energizáveis ao sistema de aterramento. A bitola mínima dos condutores principais foi adotada em 95 mm<sup>2</sup> em função dos esforços mecânicos do lançamento e instalação.

No dimensionamento do cabo da malha foi adotado um tempo de eliminação da falta de um (01) segundo, para cálculo dos potenciais deverá ser adotado um tempo de falta de 0,5 segundos. As estruturas e partes metálicas não energizadas dos equipamentos serão conectadas à malha de aterramento por meio de cabos de cobre nu de bitola mínima 25 mm<sup>2</sup>.

A malha terá características suficientes para garantir que as diferenças de potencial locais se situem dentro dos limites aceitáveis por norma inclusive no tocante à resistência de aterramento.

O Sistema de aterramento das Estações de Bombeamento serão interligados ao Sistema de Aterramento das Subestações.

#### 4.3.2.11 Sistema de Proteção Atmosférica

Todas as subestações deverão ter seus equipamentos e instalações protegidas contra descargas atmosféricas. Para tanto deverão ser empregadas hastes, pára-raios e utilizados cabos guarda em posições estudadas para que se consiga uma proteção adequada a todas as instalações. Todos os equipamentos utilizados para a proteção atmosférica deverão ser rigidamente conectados na malha de terra da estação de bombeamento.

### 4.3.3 Equipamentos de Comando e Controle da Estação de Bombeamento

Como o sistema digital de supervisão e controle (SDSC) é dimensionado para atender a todo o empreendimento, apresenta-se a seguir a formação deste sistema que está detalhado no Relatório R11 Sistema de Supervisão, Controle e Telecomunicação.

#### 4.3.3.1 *Estrutura Hierárquica do Sistema*

A estrutura hierárquica do Sistema Digital de Supervisão e Controle (SDSC) das estações de bombeamento e subestações foi concebida em três níveis funcionais conforme mostrado a seguir.

- **Nível 1**

O nível inferior do SDSC, identificado como nível 1, corresponde aos subsistemas locais de aquisição de dados e controle associados aos elementos das estações de bombeamento e subestações. Os equipamentos do nível 1 do SDSC, quais sejam, as unidades de aquisição e controle (UAC) formam subsistemas funcionalmente autônomos e independentes entre si e dos níveis superiores, no

que se refere à execução das funções básicas de controle, automatismo, medições operacionais e de faturamento necessárias à operação correta e segura dos equipamentos.

Estão incluídas as interfaces convencionais que farão a interligação da UAC com o processo e possibilitarão a parada automática convencional das motobombas em caso de falha da UAC.

Existirá uma UAC para cada motobomba e a perda de qualquer uma delas resultará na perda da respectiva motobomba.

Para a subestação de 230kV serão previstas quatro UACs. Cada uma delas efetuará o controle de um transformador, duas linhas de transmissão de 230kV e disjuntores de 6,9kV do transformador, interligação de barras, linha de transmissão de 6,9kV e serviços auxiliares.

Os disjuntores das duas linhas de transmissão de 230kV e disjuntor de 6,9kV de interligação de barras serão controlados pelas UACs da subestação de maneira a evitar que exista indisponibilidade de bombeamento no caso de perda de uma delas.

Está prevista ainda uma UAC para a aquisição de dados dos serviços auxiliares elétricos e mecânicos. Através de cada UAC poderão ser executados os comandos manuais locais ou automáticos de cada equipamento ou sistema elétrico e portanto uma IHM adequada a esse fim será prevista para cada UAC.

- **Nível 2**

O nível 2 do SDSC será responsável pela supervisão e controle de sua correspondente estação de bombeamento e subestação. Desta forma, através dos equipamentos do nível 2, poderão ser controlados os equipamentos principais e auxiliares de cada estação de bombeamento e equipamentos da subestação 230kV.

O nível 2 é constituído de duas plataformas computacionais de operação, padrão PC/AT, cada uma com dois monitores, impressora, teclado e mouse, dois roteadores ou plataformas computacionais para a transmissão/recepção de dados

do CCO, GPS e dispositivos complementares de sincronização de tempo das várias unidades do SDSC.

As duas plataformas computacionais trabalharão em regime hot-standby, podendo o operador efetuar qualquer comando de qualquer uma delas.

As funções de gerenciamento da base de dados, em configuração dual e responsável por todos os armazenamentos e processamentos centralizados, poderão ser efetuadas pelas duas plataformas computacionais acima referidas desde que o desempenho requerido para o SDSC seja garantido. Caso contrário, duas plataformas computacionais adicionais serão previstas para essa função.

Existirá um GPS para cada estação de bombeamento com a finalidade de efetuar a sincronização de tempo de todas as unidades do SDSC, de maneira que a diferença de tempo entre as unidades seja inferior a 3ms. Estes mesmos GPS efetuarão também a sincronização dos tempos das unidades do sistema digital de proteção.

Está prevista uma fonte de alimentação ininterrupta, constituída de inversor operando conjuntamente com as baterias de 125 Vcc de cada estação de bombeamento, dimensionada para atender os equipamentos do nível 2 do SDSC.

- **Nível 3 Centro de Controle e Operação – CCO**

O nível 3 será responsável pela supervisão e controle dos equipamentos e sistemas de todo o empreendimento, compreendendo as três estações de bombeamento, sistemas de transmissão de 230 e 6,9kV, estruturas de controle, tomadas d'água de uso difuso, e postos de medição remotos.

O nível 3 é constituído de duas plataformas computacionais de operação, padrão PC/AT, cada uma com dois monitores, impressora, teclado e mouse, uma plataforma computacional de treinamento, também padrão PC/AT, com dois monitores, teclado e mouse, duas plataformas computacionais para o gerenciamento da base de dados, dois roteadores para a transmissão de dados dos postos de medição remotos via satélite e um GPS para a sincronização de tempo.

As duas plataformas computacionais de operação funcionarão em regime hot-standby podendo a operação de qualquer equipamento ser efetuada de qualquer uma delas.

Está prevista uma fonte ininterrupta de energia para a alimentação dos equipamentos do nível 3 do SDSC, será constituída de inversor operando em conjunto com as baterias de 125 Vcc da estação de bombeamento EBXYZ.

#### **4.3.4 Equipamentos de Telecomunicação**

Para dar suporte às atividades de Operação, Manutenção e Administração do Empreendimento serão instalados os seguintes Sistemas de Telecomunicações; Telefonia, Transmissão e Radiocomunicação, a definição detalhada deste sistema que está descrita no Relatório R11 Sistema de Supervisão, Controle e Telecomunicação.

##### *4.3.4.1 Sistema de Telefonia*

Permitirá a comunicação telefônica entre o Centro de Controle e Operação (CCO) e as Estações de Bombeamento (EBs), entre as EBs e o CCO e as EBs com as Concessionárias de Serviços de Telefonia Locais.

Será constituído de uma Central Telefônica a ser instalada no Prédio do CCO e de Equipamentos tipo KS a serem instalados nas EBs, interligados através do Sistema de Transmissão com a Central do CCO. Tanto no CCO quanto nas EBs serão instalados os diversos tipos de aparelhos telefônicos (digitais, analógicos, de mesa, de parede, etc.). Existirão Distribuidores Gerais (DG's) e Rede Interna de Telefonia em todas as localidades.

##### *4.3.4.2 Sistema de Transmissão*

Permitirá a comunicação de Voz entre o CCO e as EBs e a comunicação de dados entre o CCO, as EBs, as Estruturas de Controle e Tomadas D'Água de Uso Difuso. Permitirá também a comunicação de dados entre as Estações Hidrológicas e Meteorológicas com o CCO.

A comunicação entre o CCO, as EBs, as Estruturas de Controle e Tomadas D'Água de Uso Difuso será feita através de:

- Sistema Óptico, utilizando cabos tipo OPGW com 24 pares de fibras (cabos de terra das Linhas de Transmissão com cabos ópticos internos), Transdutores Eletro/Ópticos e Multiplex.
- Cabos Ópticos Aéreos do tipo Espinados do tronco principal (que interligará as EBs e as Estruturas de Controle, Tomadas D'Água de Uso Difuso e Estruturas de Derivação) terão 06 pares de fibras e o número de fibras dos cabos das derivações para as Estruturas de Controle, Tomadas D'Água de Uso Difuso e Estruturas de Derivação está dimensionado em função dos canais necessário.
- Serão designadas fibras ópticas dedicadas às transmissões de dados. O Multiplex será apenas de voz. Esse sistema também disponibiliza fibras para fazer a Teleproteção das Linhas de Transmissão.
- A comunicação entre o CCO e as estações hidrológicas e meteorológicas será feita por meio de Link via satélite, com equipamentos transmissores-satélite-receptores que permitirá a comunicação de dados a até 19.200 bits por segundo entre o CCO e as estações hidrológicas e meteorológicas.

#### **4.3.4.3**    *Sistema de Radiocomunicação*

Este sistema tem por finalidade, permitir a comunicação entre componentes das equipes de manutenção.

O sistema de Radiocomunicação é constituído de um conjunto de 10 transceptores do tipo walk talk e, possui chamada seletiva e geral.

O Sistema terá alcance de comunicação de 3 Km em visada direta e permitirá a configuração de Grupos de Conversação.



#### **4.4 ADUTORAS**

As adutoras serão implantadas expostas, sendo fixadas por suportes metálicos devidamente ancorados ao terreno retificado. Os detalhes de implantação das Adutoras são apresentados nos seguintes documentos:

- EB-I/1            desenhos: 261-FUN-TSF-A1-B0030 e B0223;
- EB-I/2            desenhos: 261-FUN-TSF-A1-B0107 e B0229;
- EB-I/3            desenhos: 261-FUN-TSF-A1-B0163 e B0235;

Na Estação de Bombeamento EB-I/1, há nove condutos forçados e nas EBs I/2 e I/3 quatro, os quais interligam as descargas das bombas às estruturas de deságüe a jusante. São executados em chapa de aço carbono, calandradas. As extremidades de montante dos condutos, juntamente com as peças especiais que servem de ligação com as descargas das bombas, são embutidas em concreto. No trecho ascendente, os condutos são retos e expostos. As extremidades de jusante dos condutos são engastadas na estrutura de concreto do sifão. As características principais dos condutos estão apresentadas na Tabela 4.6.

**TABELA 4.6**  
**CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DAS ADUTORAS**

<b>ESTAÇÃO</b>	<b>EB-I/1</b>	<b>EB-I/2</b>	<b>EB-I/3</b>
Diâmetro Nominal (mm)	2.300	3.000	2.900
Extensão (m)	109	268	419,4

No início do trecho reto de cada um dos condutos forçados, estão instalados um medidor eletromagnético de vazão e um acoplamento rígido, de modo a permitir a montagem do equipamento.

Haverão ainda juntas de expansão instaladas entre blocos de ancoragem.

#### **4.5 ESTRUTURA DE SAÍDA**

A estrutura de deságüe é do tipo sifão, de aeração automática, não permitindo o retorno da água da câmara de carga de jusante em uma eventual situação de emergência, conforme pode ser observado nos seguintes desenhos:

- EB-I/1            desenhos: 261-FUN-TSF-A1-B0410 e B0456 a B0458;
- EB-I/2            desenhos: 261-FUN-TSF-A1-B0459 a B0462;
- EB-I/3            desenhos: 261-FUN-TSF-A1-B0463 a B0466;

#### **4.6 FOREBAY DE JUSANTE**

Da mesma forma que para os forebays de montante, foi previsto um forebay de jusante para cada EB, exceto para a EB-I/3 que aduz a água para o Reservatório de Negreiros. As principais características destes forebays são mostradas na Tabela 4.7.

**TABELA 4.7**  
**CARACTERÍSTICAS DOS FOREBAYS DE JUSANTE**

<b>Estação</b>	<b>EB-I/1</b>	<b>EB-I/2</b>
<b>Comprimento (m)</b>	188,0	181,0
<b>Largura (m)</b>	70,0	70,0

---

**ANEXO I**  
**MEMÓRIA DE CÁLCULO**  
**PROJETO ESTRUTURAL**

---

Projeto: TRANSPOSIÇÃO

Código: \_\_\_\_\_

Cliente: FUNCATE

Objeto: ESTABILIDADE DAS ESTRUTURAS - PREDIMENSIONAMENTO

---

# TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO PARA O NORDESTE SETENTRIONAL

## PROJETO BÁSICO

### TRECHO I

#### ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS EBI-1, EBI-2 e EBI-3

#### MEMÓRIA DE CÁLCULO

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNDATE Objeto: ESTAB - PREDIM Rev. 01

ÍNDICE

	FL.
I- INTRODUÇÃO	5
1- GENERALIDADES	
2- DADOS DO PROJETO	
II- ESTABILIDADE - TOMADAS D'ÁGUA	8
1- EBI-1	8
1.1 CASO NORMAL	
1.2. CASO EXCEPCIONAL	
1.3. CASO LIMITE	
2- EBI-2	23
2.1 CASO NORMAL	
2.2. CASO EXCEPCIONAL	
2.3 CASO LIMITE	
3- EBI-3	37
3.1. CASO NORMAL	
3.2. CASO EXCEPCIONAL	
3.3 CASO LIMITE	

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
Cliente: FUNCATE \_\_\_\_\_  
Objeto: ESTAB - PREDIM. \_\_\_\_\_ Rev 02

---

III - ESTABILIDADE - DESAGÜE 50 FL

IV - BLOCOS DE ANCORAGEM E APOIO DAS ADUTORAS.

1- EBI-1 68

1.1. ARRANJO

1.2. BL1

1.3. BL2

1.4. BL3

2. EBI-2 76

2.1. BLOCOS PARA TUBULAÇÕES DE SAÍDA. (ARRANJO)

2.1.1. BL1

2.1.2. BL2

2.1.3. BL3

2.2. BLOCOS DE APOIO DAS ADUTORAS

2.2.1. Apoio 1

2.2.2. BL 2

2.2.3. BL3

2.2.4. BL4

2.2.5. BL5/BL6

2.2.6. BL7

3- EBI-3 96

3.1. ARRANJO

3.2. BL4

3.3. BL6

3.4. BL7

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_

Cliente: FUNDATE

Objeto: ESTAB - PREDIM RW. 0B

V - PRÉDIMENSIONAMENTO

FL

1- EBI-1.	104
2- EBI-2	108
3- EBI-3	111
4- DESAGUE.	113
5- SUPERESTRUTURA EBI-1	116
6- SUPERESTRUTURA EBI-2/EBI-3	121
7- BLOCOS DE ANCORAGEM E APOIOS DAS ADUTORAS	127

VI - QUANTIDADE DE MATERIAIS

1- TOMADA D'ÁGUA - EBI-1	128
2- " - EBI-2	129
3- " - EBI-3	130
4- DESAGUE - EBI-1	131
5- " - EBI-2	131
6- " - EBI-3	132
7- SUPERESTRUTURA - EBI	133
8- SUPERESTRUTURA - EBI-2/EBI-3	134
9- BLOCOS DE ANCORAGEM E APOIO DAS ADUTORAS.	135
9.1- EBI-1	
9.2- EBI-2	
9.3- EBI-3	
10- <u>RESUMO GERAL - QUANTIDADE</u>	136

- ANEXO.

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNDATE \_\_\_\_\_  
 Objeto: ESTAB - PREDIM \_\_\_\_\_

# I. INTRODUÇÃO

## 1- GENERALIDADES

ESTE TRABALHO TEM POR OBJETIVO:

- VERIFICAR A ESTABILIDADE DAS ESTRUTURAS DAS TOMADAS D'ÁGUA, DOS DESAGUES E DOS BLOCOS DE ANCORAGEM E APOIO DAS ADUTORAS.
- PREDIMENSIONAR AS ESTRUTURAS ACIMA E CALCULAR O VALOR APROXIMADO DA TAXA DE ARMADURA NO CONCRETO.
- LEVANTAR A QUANTIDADE DE MATERIAIS DESSAS ESTRUTURAS.

## 2- DADOS DO PROJETO

	$NA_{MÁX}$ T.ÁGUA	$NA_{MÁX}$ DESAGUE
EBI-1	329,10	359,50
EBI-2	353,56	408,32
EBI-3	405,61	493,69



Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNCAIE \_\_\_\_\_  
 Objeto: ESTAB. - PREDIM. \_\_\_\_\_

CARREGAMENTOS

PESO ESPECÍFICO DO CONCRETO

VIGAS E PILARES	2,9 t/m <sup>3</sup>
ESTRUTURA DA TOMADA D'ÁGUA	2,4 "
MACIÇO DO DESÁGUE	2,3 "
DUTO DO DESÁGUE	2,4 "

SOBRECARGA DISTRIBUÍDA NAS LAJES

PLATAFORMA DAS TOMADAS	3,0 t/m <sup>2</sup>
GALERIA DE COMANDO	1,0 "

DEMÁS CARREGAMENTOS

- PONTE ROLANTE - VER DIMENSIONAMENTO DA SUPERESTRUTURA

- ESFORÇO DO VENTO  $\left\{ \begin{array}{l} \text{PRESSÃO } 100 \text{ kgf/m}^2 \\ q_v = 125 \text{ kgf/m}^2 \\ \text{SUCCÃO } 60 \text{ " } \end{array} \right.$

- ALVENARIA 1,3 t/m<sup>2</sup>

EQUIPAMENTO	EBI-1	EBI-2	EBI-3	
BOMBA	56,5	55,0	74,0	(tf)
MOTOR	42,0	56,0	76,0	

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNCATE \_\_\_\_\_  
 Objeto: ESTAB - PREDIM. \_\_\_\_\_

EFEITO SÍSMICO - ACELERAÇÃO  $\alpha = 0,05 g$ .

MAJORAÇÃO DA PRESSÃO D'ÁGUA NA ADUTORA

ADOPTA-SE PARA O COEFICIENTE DE MAJORAÇÃO DA PRESSÃO D'ÁGUA UM VALOR BASTANTE CONSERVATIVO "1,5".

ESSE VALOR É CERTAMENTE MAIOR QUE O GOLPE DE ARIETE (RETORNO D'ÁGUA COM A PARADA DE BOMBAMENTO) OU IMPULSÃO DA BOMBA E PERDAS DE CARGA NA ADUÇÃO.

COEFICIENTES DE SEGURANÇA - DE ACORDO COM "CRITÉRIOS DE PROJETO".

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_

Cliente: FUNDATE \_\_\_\_\_

Objeto: ESTAB. PREDIM. \_\_\_\_\_

## II. ESTABILIDADE DAS TOMADAS D'ÁGUA.

### 1. EBI-1

#### 1.1. CASO NORMAL

- NA MÁX 329,10

- BOMBAS OPERANDO

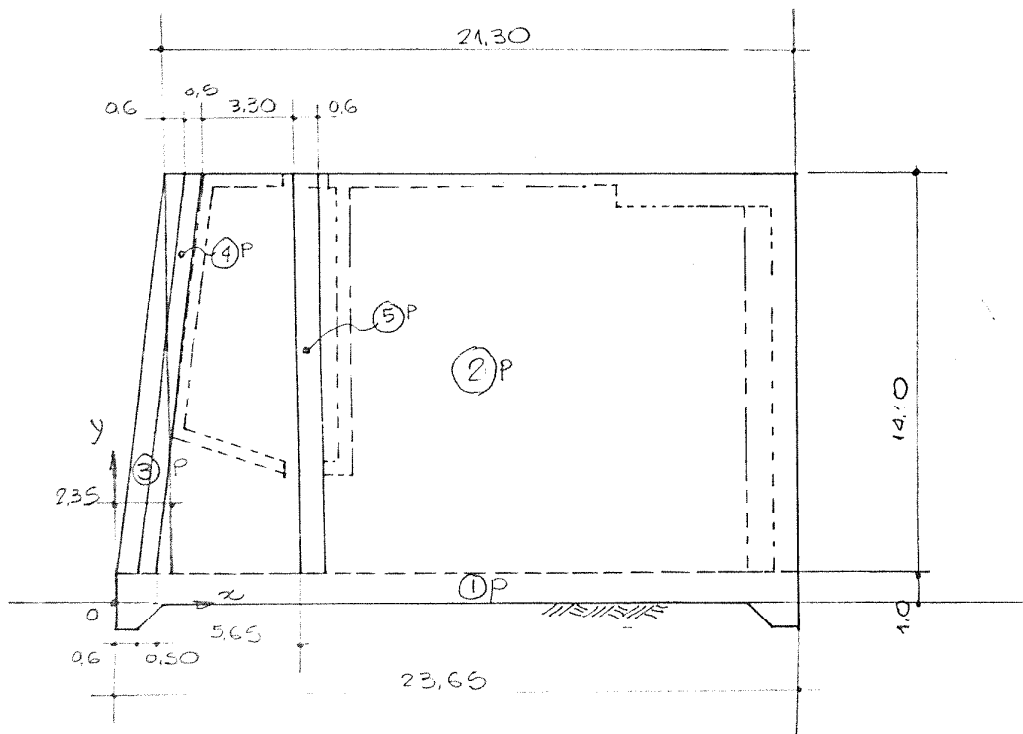
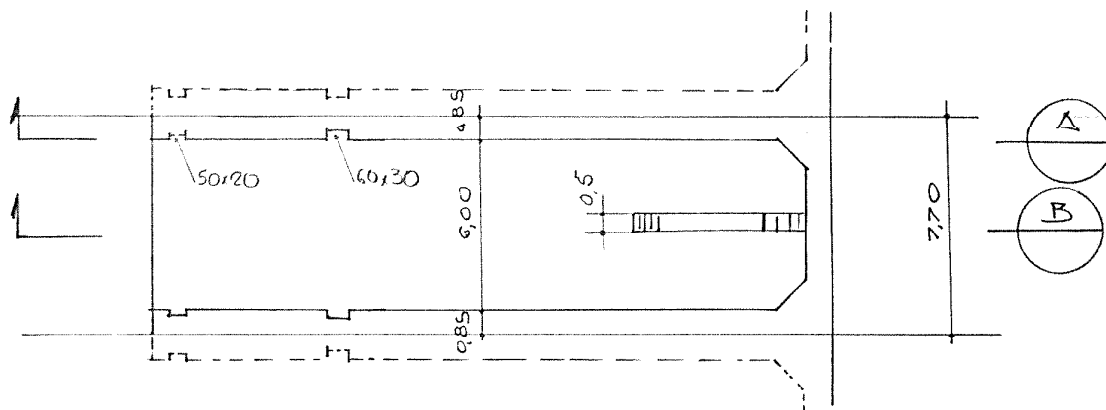
Projeto: TRANSPOSIÇÃO

Código: \_\_\_\_\_

Cliente: FUNDATE

Objeto: ESTAB - PREDIM.

### 1.1.1 GEOMETRIA



CORTE (A) (PAREDE PRINCIPAL E LAJE).



Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNCATE  
 Objeto: ESTABIL - PREDIM

1.1-2. ESFORÇOS ( $\frac{t}{f}, m$ )

1.1.2.1. PESO DA ESTRUTURA

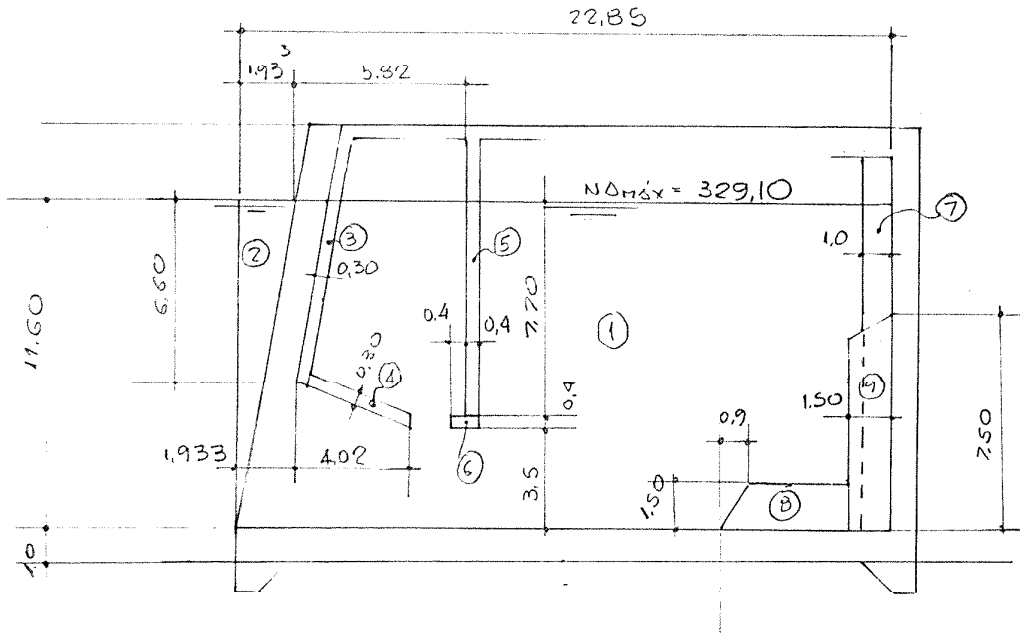
ITEM	PESO	BRAÇO	MOMENTO
1P	$7,70 \times 23,65 \times 1,0 \times 2,4 = 437,0$	$11,82^5$	5.167,5
2P	$1,70 \times 21,30 \times 14,10 \times 2,4 = 1.225,3$	13,00	15.928,9
3P	$\frac{1}{2} \times 1,70 \times 2,35 \times 14,10 \times 2,4 = 67,6$	$1,56^7$	105,9
4P	$-0,50 \times 0,20 \times 14,10 \times 2,4 \times 2 = - 6,8$	$2,02^5$	- 13,8
5P	$-0,60 \times 0,30 \times 14,10 \times 2,4 \times 2 = - 12,2$	7,05	- 86,0
1	$6,00 \times 20,2 \times 0,4 \times 2,4 = 116,4$	13,55	1577,2
2	$6,00 \times 5,41 \times 0,8 \times 2,4 = 62,3$	$20,74^5$	1.304,7
3	$-6,00 \times 1,50 \times 0,4 \times 2,4 = - 8,6$	6,70	- 5,8
4	$-\frac{1}{4} \times \pi \times 3,2^2 \times 1,2 \times 2,4 = - 23,2$	20,11	- 474,2
5	$6,00 \times 0,30 \times 8,7 \times 2,4 = 37,6$	$2,55^8$	99,9
6	$6,00 \times 0,30 \times 3,72 \times 2,4 = 16,1$	$3,96^8$	64,7
7	$6,00 \times 0,4 \times 9,80 \times 2,4 = 56,4$	7,95	448,4
8	$6,00 \times 0,8 \times 0,4 \times 2,4 = 4,6$	2,75	35,7
9	$\frac{1}{2} \times 1,0 \times 1,0 \times 2 \times 12,9 \times 2,4 = 31,0$	$22,51^7$	698,0
10	$6,0 \times 0,8 \times 12,9 \times 2,4 = 148,6$	23,25	3455,0
11	$\frac{1}{2} \times (3,61 + 4,51) \times 1,5 \times 0,5 \times 2,4 = 7,3$	$19,31^1$	141,0
12	$\frac{1}{2} \times (4,6 + 7,5) \times 1,5 \times 0,5 \times 2,4 = 12,7$	$22,11^6$	280,9
	2172,1	$13,22^6$	28.728,2

$$e = 13,22^6 - 11,82^5 = 1,40^1$$

$$M_e = 2.172,1 \times 1,40^1 = 3.043,1$$

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNCTE \_\_\_\_\_  
 Objeto: ESTAB - PREDIM. \_\_\_\_\_

1.1.2.2. PESO D'ÁGUA



ITEM	PESO		BRAÇO	MOMENTO	
①	$6,0 \times 22,85 \times 11,6 \times 1,0$	=	$1.590,4$	$11,42^5$	$18.170,3$
②	$\frac{1}{2} \times 1,93 \times 11,6 \times 1,7 \times 1,0$	=	$19,0$	$0,64^4$	$12,2$
③	$-0,3 \times 6,6 \times 6 \times 1,0$	=	$-11,9$	$2,63^3$	$-31,3$
④	$-0,3 \times 3,72 \times 6 \times 1,0$	=	$-6,7$	$4,09^3$	$-27,4$
⑤	$-0,4 \times 7,7 \times 6 \times 1,0$	=	$-18,5$	$7,95^3$	$-143,4$
⑥	$-0,4 \times 0,8 \times 6 \times 1,0$	=	$-1,9$	$7,75^3$	$-14,7$
⑦	$-\frac{1}{2} \times 1,0 \times 1,0 \times 11,6 \times 1,0 \times 2$	=	$-11,6$	$22,51^7$	$-261,2$
⑧	$-\frac{1,3}{2,4}$	=	$-3,0$	$19,31^1$	$-57,9$
⑨	$-\frac{12,7}{2,4}$	=	$-5,3$	$22,11^6$	$-117,2$
			$1550,5$	$11,30^5$	$17.529,4$

$$e = 11,30^5 - 11,82^5 = -0,52$$

$$M_e = 1550,5 (-0,52) = -806,3$$

Projeto: TRANSPOSIÇÃO

Código: \_\_\_\_\_

Cliente: FUNDATE

Objeto: ESTAB - PREDIM

1.1.2.3. SUBPRESSÃO

$$U = - 23,65 \times 7,7 \times 12,60 = - 2294,5$$

$$e = 0$$

1.1.2.4. ESFORÇO HORIZONTAL

$$\Delta H = 360,15 - 329,10 = 31,05$$

$$H = \frac{\pi \times 20^2}{4} \times 31,05 \times 1,5 = 146,3$$

$$z = 17,3$$

$$M_z = -146,3 \times 17,3 = -2531$$

1.1.3- TENSÕES VERTICAIS

1.1.3.1. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

$$S = 7,7 \times 23,65 = 182,1$$

$$W = \frac{23,65^2}{6} \times 7,7 = 717,8$$

1.1.3.2. RESULTANTES

ITEM	ESFORÇO		MOMENTO
	VERT.	HORIZ	
PES. ESTR	2.172,1	—	3.043,1
PES. DAG	1.550,5	—	- 806,3
SUBPR	-2.294,5	—	0,0
RECALQ.	—	146,3	- 2.531,0
RESULT	1.428,1	146,3	- 294,2



Projeto: TRANSPOSIÇÃO

Código: \_\_\_\_\_

Cliente: FUNDATE

Objeto: ESTAB - PREDIM.

1.1.3.3. TENSÕES

$$\sigma_B = \frac{1428,1}{182,1} + \frac{294,2}{717,8} = 8,25$$

$$\sigma_A = 7,84 - 0,41 = 7,43$$

1.1.3.4. ESCORREGAMENTO

$$H_{RES.} = \frac{1428,1 + 940}{1,5} = 798,9$$

$$F.S.D. = \frac{798,9}{146,3} = 5,46 \checkmark$$

$$H = 146,3$$

Projeto: TRANSPOSIÇÃO

Código: \_\_\_\_\_

Cliente: FUNDATE

Objeto: ESTAB. PREDIM.

## 1.2 - CASO EXCEPCIONAL -

— NA MÁX 329,10

— BOMBAS EM MANUTENÇÃO

Projeto: TRANSPOSIÇÃO

Código: \_\_\_\_\_

Cliente: FUNCOATE

Objeto: ESTAB - 7 PREDIM

1.2.1. GEOMETRIA

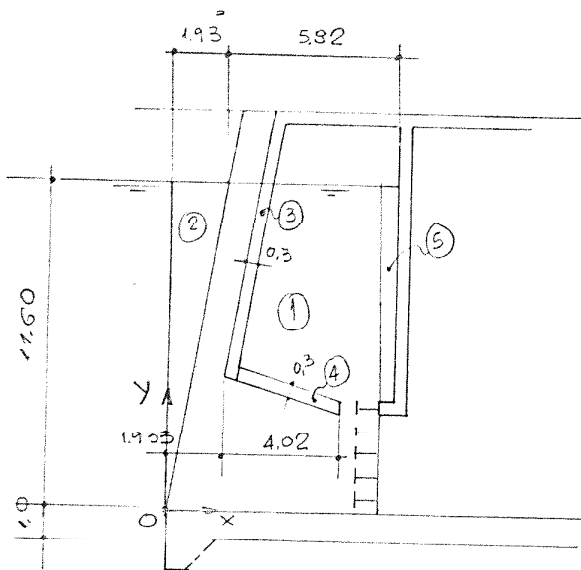
VER ITEM 1.1.1.

1.2.2. ESFORÇOS (tf, m)

1.2.2.1. PESO DA ESTRUTURA (ver item 1.1.2.1)

PESO = 2.172,1       $e = 1,40'$        $M_e = 3.043,1$

1.2.2.2 PESO D'ÁGUA



ITEM	PESO	BRASÇO	MOMENTO
1	$60 \times 7,35^3 \times 11,6 \times 1,0 = 511,8$	$3,67^6$	1.881,4
2	= 19,0	$0,64^4$	12,2
3	= - 11,9	$2,63^3$	- 31,3
4	= - 6,7	$4,09^3$	- 27,4
5	$0,4 \times 60 \times 7,7 \times 1,0 = 18,5$	$7,55^3$	139,7
	530,7	3,72	1974,6

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNCAIE \_\_\_\_\_  
 Objeto: ESTAB - PREDIM \_\_\_\_\_

$$e = 3,72 - 11,82^s = -8,10^s \quad M_e = -4301,3$$

1.2.2.3. SUBPRESSÃO ver 1.1.2.3

$$U = -2294,5 \quad e = 0$$

1.2.3. TENSÕES VERTICAIS

1.2.3.1. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS ver 1.1.3.1

$$S = 182,1$$

$$W = 717,8$$

1.2.3.2. RESULTANTES

ITEM	ESTORÇO		MOMENTO
	VERT	HORIZ	
PESO ESTRUT	2172,1	—	3.043,1
PESO D'ÁGUA	530,7	—	-4.301,3
SUBPRES.	-2.294,5	—	0,0
	408,3		1.258,2

2.3.3. TENSÕES

$$\sigma_B = \frac{408,3}{182,1} + \frac{1258,2}{717,8} = 3,99$$

$$\sigma_A = 2,24 - 1,75 = 0,49$$

2.3.4. FLUTUAÇÃO

$$\gamma = \frac{2.702,8}{2.294,5} = 1,18 > 1,1 \quad \text{OK!}$$

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
Cliente: FUNDATE \_\_\_\_\_  
Objeto: ESTAB - PREDIM \_\_\_\_\_

---

### 1.3- CASO LIMITE

- NA MÁX 329.1
- 2 BOMBAS EM MANUTENÇÃO  
ADJACENTES A UMA BOMBA EM  
OPERAÇÃO
- EFEITO SÍSMICO.

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNDATE  
 Objeto: ESTAB - PREDIM

### 1.3-1. GEOMETRIA

VER ITEM 1.1.1

### 1.3.2. ESFORÇOS (l.f.m)

#### 1.3.2.1. PESO DA ESTRUTURA (VER ITEM 1.1.2.1)

$$\text{PESO} = 2.172,1 \times 3 = 6.516,3 \quad e = 1,40^1 \quad M_e = 3013,1 \times 3 = 9.129,3$$

#### 1.3.2.2. PESO D'ÁGUA (VER ITENS 1.1.2.2 e 1.2.2.2)

ITEM	ESFORÇO	BRASO	MOMENTO
1.1.2.2	1.550,5	11,30 <sup>5</sup>	17.529,4
1.2.2.2	2 x 530,7 = 1.061,4	3,72	3.948,4
	2.611,9	8,22 <sup>3</sup>	21.477,8

$$e = 8,22^3 - 11,82^5 = -3,60^2$$

$$M_e = -2.611,9 \times 3,60^2 = -9.408,1$$

#### 1.3.2.3. SUBPRESSÃO (ver 1.2.3)

$$U = -2.294,5 \times 3 = -6.883,5 \quad p = 0$$

### 1.3.2.4. SISMO

#### 1.3.2.4.1. ESTRUTURA

$$\text{CARGA VERTICAL} = -0,05 \times 6.516,3 = -325,8$$

$$\text{CARGA HORIZONTAL} = -0,05 \times 6.516,3 = -325,8 \quad z < 7,55$$

$$M = -325,8 \times 7,55 = -2.459,8$$

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_

Cliente: FUNDATE \_\_\_\_\_

Objeto: ESTAB. PREDIM \_\_\_\_\_

1.3.24 Q. MASSA D'ÁGUA

CARGA VERTICAL  $- 0,05 \times 2611,9 = -130,6$

CARGA HORIZONTAL (FÓRMULA DE ZANGAR-SIMPLIFICADO)

$- 0,05 \times \frac{12,6^2}{2} \times 7,7 \times 3 = -91,7$       $\delta = 0,41 h = 0,41 \times 12,6 = 5,17$

$M_2 = -91,7 \times 5,17 = -474,1$

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNCATE  
 Objeto: ESTAB. PREDIM.

1.3-3. TENSÕES VERTICAIS

1.3.3.1. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

$$S = 3,77 \times 23,65 = 546,31$$

$$W = 3,77 \times \frac{23,65^2}{6} = 2153,39$$

1.3.3.2. RESULTANTES

ITEM	ESFORÇO		MOMENTO
	VERT	HORIZ	
PESO ESTRUT.	6.516,3		9.129,3
PESO D'ÁGUA	2.611,9		-9.408,1
SUBPRESSÃO	-6.883,5		0,0
SISMO ESTRUT	-325,8		-456,4
"		-325,8	-2459,8
SISMO ÁGUA	-130,6		-470,4
"		-91,7	-1474,1
OPERAÇÃO BOMBA	—	-146,3	-2.531
	1.788,3	-563,8	-6670,5

1.3.3.3. TENSÕES

$$\sigma_B = \frac{1788,3}{546,31} + \frac{6670,5}{2153,39} = 6,37$$

$$\sigma_d = 3,27 - 3,10 = 0,17 > 0 \quad \text{OK!}$$

3.3.4. ESCORREGAMENTO

$$\frac{1.788,3}{1,5} \times 40 = 1000,4 > 563,8 \quad \text{OK!}$$

1.3.3.5. FLUTUAÇÃO

$$j = \frac{9.128,2}{7.339,9} = 1,24 \quad \checkmark$$



Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNDATE  
 Objeto: ESTAB - PREDIM

### 1.3.4- ANÁLISE DE TENSÕES

POR SIMPLICIDADE E A FAVOR DA SEGURANÇA CONSIDERA-SE TODA A ESTRUTURA SUBMERSA, ALÉM DISSO, TOMA-SE COMO SEÇÃO RESISTENTE A SEÇÃO DA PAREDE DIVISÓRIA.

#### 1.3.4.1. PESO DA ESTRUTURA

ITEM	ESFORÇO	BRASÇO	MOMENTO
PESO TOTAL	2.172,1	13,22 <sup>G</sup>	28.728,2
LTJE FUNDAÇÃO	- 437,0	11,82 <sup>S</sup>	-5.167,5
	1.735,1	13,57 <sup>9</sup>	23.560,7

ver item 1.21

#### ESTRUTURA SUBMERSA

$1.735,1 \times \frac{1,4}{2,4} = 1012,1$	13,57 <sup>9</sup>	
---	--------------------	--

$$e = 13,57^9 - 11,82^S = 1,75^4$$

$$M_e = 1012,1 \times 1,75^4 = 1.775,2$$

#### 1.3.4.2. ESFORÇO HORIZONTAL

$$H = 146,3 \quad z = 16,3 \quad \Gamma = 146,3 \times 16,3 = 2.384,7$$

#### 1.3.4.3. TENSÕES VERTICAIS

$$S = 1,70 \times 23,65 = 40,2 \quad W = 158,47$$

$$\sigma_B = \frac{1012,1}{40,2} + \frac{1.775,2 + 2384,7}{158,47} = 51,43$$

$$\sigma_A = 25,18 - 26,25 = -1,07 < \sigma_{LADM}. \quad OK!$$

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNDATE \_\_\_\_\_  
 Objeto: ESTAB - PREDIM \_\_\_\_\_

TOMADA D'ÁGUA

2- EB I- 2

2. 1- CASO NORMAL

—  $N \Delta M \Delta X = 353,56$

— BOMBAS OPERANDO

$\Delta H = 410,91 - 353,56 = 57,35$

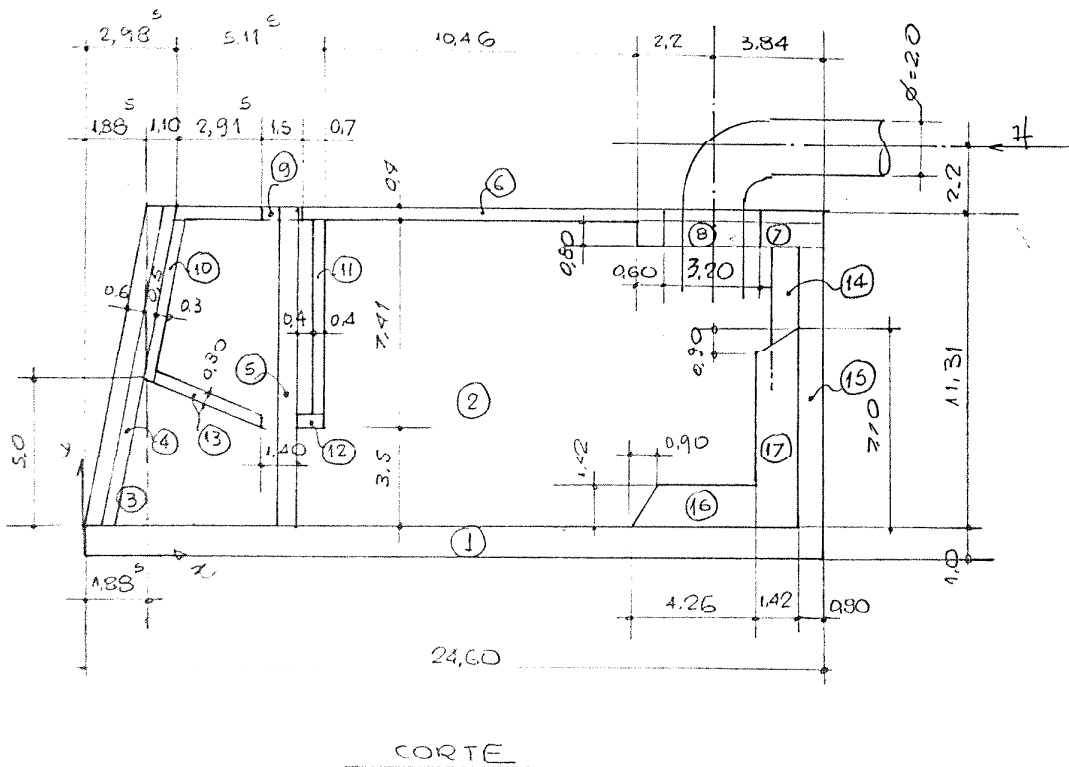
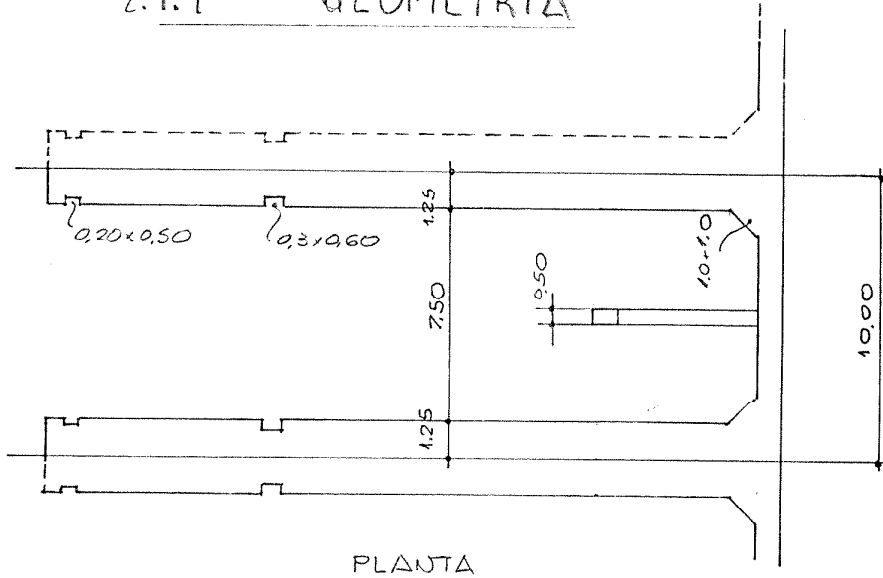
Projeto: TRANSPOSIÇÃO

Código: \_\_\_\_\_

Cliente: FUNCATE

Objeto: ESTAB - PREDIM

### 2.1.1 GEOMETRIA



Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNDATE  
 Objeto: ESTAB - PREDIM

2.1.2. ESFORÇOS  $(t_f, m)$

2.1.2.1. PESO DA ESTRUTURA

ITEM	PESO	x	M <sub>x</sub>	y	M <sub>y</sub>
1	10,0 × 24,6 × 1,0 × 2,4 = 590,4	12,30	7261,9	1,00	590,4
2	2,5 × 22,71 <sup>5</sup> × 11,31 × 2,4 = 1.541,4	13,24 <sup>3</sup>	20412,8	6,65 <sup>5</sup>	10.258,0
3	1/2 × 2,5 × 1,88 <sup>5</sup> × 11,31 × 2,4 = 64,0	1,25 <sup>7</sup>	80,4	4,77	305,3
4	- 0,2 × 0,5 × 11,31 × 2,4 × 2 = - 5,4	1,79 <sup>3</sup>	- 9,7	6,65 <sup>5</sup>	- 35,9
5	- 0,3 × 0,6 × 11,31 × 2,4 × 2 = - 9,8	7,00	- 68,6	6,65 <sup>5</sup>	- 65,2
6	7,5 × 21,61 <sup>5</sup> × 0,4 × 2,4 = 155,6	13,79 <sup>3</sup>	2.146,2	12,11	1.884,3
7	7,5 × 6,04 × 0,8 × 2,4 = 87,0	21,58	1.877,5	11,51	1001,4
8	- 1/4 × π × 3,2 <sup>2</sup> × 1,2 × 2,4 = - 23,2	20,76	- 481,6	11,71	- 271,7
9	- 7,5 × 1,5 × 0,4 × 2,4 = - 10,8	6,65	- 71,8	12,11	- 130,8
10	7,5 × 0,3 × 5,91 × 2,4 = 31,9	2,57 <sup>6</sup>	32,2	8,95 <sup>5</sup>	285,7
11	7,5 × 0,4 × 7,01 × 2,4 = 50,5	7,90	399,0	8,40 <sup>5</sup>	424,5
12	7,5 × 0,4 × 0,80 × 2,4 = 5,8	7,70	44,7	4,70	27,3
13	7,5 × 0,3 × 3,67 × 2,4 = 19,8	4,07	80,6	4,40	87,1
14	1/2 × 1,0 × 1,0 × 10,11 × 2 × 2,4 = 24,3	23,46 <sup>7</sup>	570,2	6,05 <sup>5</sup>	147,0
15	7,5 × 0,8 × 10,11 × 2,4 = 145,6	21,20	3086,7	6,05 <sup>5</sup>	881,6
16	1/2 (3,36 + 4,26) × 1,42 × 0,5 × 2,4 = 6,5	20,46 <sup>5</sup>	133,0	0,68 <sup>2</sup>	5,8
17	1/2 (6,2 + 7,1) × 1,42 × 0,5 × 2,4 = 11,3	23,10 <sup>6</sup>	261,1	3,33	37,6
	2.684,9	13,33 <sup>5</sup>	35.904,6	5,75	15.432,4

$$e = 13,33^5 - 12,3 = 1,03^5 \text{ m}$$

$$M_e = 2.684,9 \times 1,03^5 = 2778,9$$

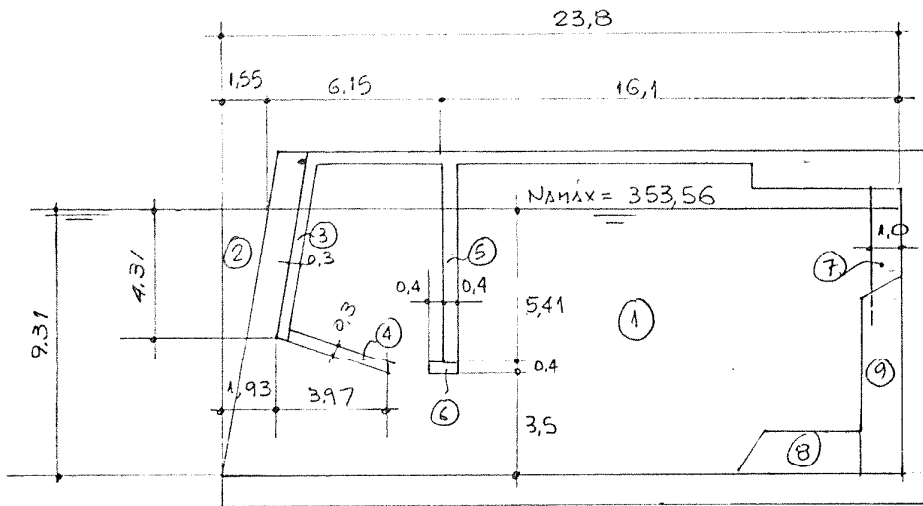
Projeto: TRANSPOSIÇÃO

Código: \_\_\_\_\_

Cliente: FUNDATE

Objeto: ESTAB - FREDIM

2.1.2.2. PESO D'ÁGUA



ITEM	PESO	BRAÇO	MOMENTO	
1	$7,5 \times 23,8 \times 9,31 \times 1,0 =$	1.661,8	11,90	19.775,4
2	$\frac{1}{2} \times 1,55 \times 9,31 \times 2,5 \times 1,0 =$	18,0	0,51 <sup>7</sup>	9,3
3	$-0,30 \times 4,31 \times 7,5 \times 1,0 =$	- 9,7	2,43 <sup>9</sup>	- 23,7
4	$-0,30 \times 3,67 \times 7,5 \times 1,0 =$	- 8,3	4,06 <sup>5</sup>	- 33,7
5	$-0,4 \times 5,41 \times 7,5 \times 1,0 =$	- 16,2	7,90	- 128,0
6	$-0,4 \times 0,8 \times 7,5 \times 1,0 =$	- 2,4	7,70	- 18,5
7	$-\frac{1}{2} \times 1,0 \times 1,0 \times 9,31 \times 1,0 \times 2 =$	- 9,3	23,46 <sup>7</sup>	- 218,2
8		- 2,7	20,46 <sup>5</sup>	- 55,3
9		- 4,7	23,10 <sup>4</sup>	- 108,6
	$\approx 1.616,1$	11,73 <sup>7</sup>	$\approx 18.968,5$	

$$e = 11,73^7 - 12,3 = - 0,56^3$$

$$M_e = 1.616,1 \times 0,56^3 = - 909,9$$

Projeto: TRANSPOSIÇÃO  
 Cliente: FUNDATE  
 Objeto: ESTAB - PREDIM

Código: \_\_\_\_\_

### 2.1.2.3 SUBPRESSÃO

$$U = -24,6 \times 10,0 \times 10,31 = -2536,3 \quad e=0$$

### 2.1.2.4 ESFORÇO HORIZONTAL

$$\Delta H = 57,35$$

$$H = \frac{\pi \times \bar{z}_0^2}{4} \times 57,35 \times 1,5 = 270,3$$

$$z = 14,51$$

$$M_2 = 270,3 \times 14,51 = 3.922$$

### 2.1.3. TENSÕES VERTICAIS

#### 2.1.3.1 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

$$S = 10,0 \times 24,6 = 246$$

$$W = \frac{24,6^2 \times 10}{6} = 1008,6$$

#### 2.1.3.2 RESULTANTES

ITEM	ESFORÇO		MOMENTO
	VERT.	HORIZ	
ESTRUTURAS	2.684,9		2.778,9
ÁGUA	1.616,1		- 909,9
SUBPRES	- 2.536,3		0,0
RECLIQ		- 270,3	- 3.922,0
	1.761,7	- 270,3	- 2053,0

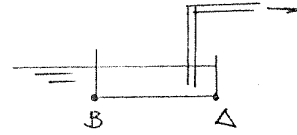
Projeto: TRANSPOSIÇÃO

Código: \_\_\_\_\_

Cliente: FUNCATE

Objeto: ESTAB - PREDIM

2.1.3.3. TENSÕES



$$\sigma_B = \frac{1761,7}{246} + \frac{2053}{1008,6} = 9,2$$

$$\sigma_A = 7,16 - 2,04 = 5,1$$

2.1.3.4. ESCORREGAMENTO

$$\eta_{RES} = \frac{1761,7}{1,5} \cdot \frac{1}{1040} = 985 \Rightarrow 270,3 \quad /$$

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_

Cliente: FUNDATE \_\_\_\_\_

Objeto: ESTAB - PREDIM \_\_\_\_\_

## 2.2 - CASO EXCEPCIONAL

- UΔ MÁX = 353,56

- BOMBAS EM MANUTENÇÃO



Projeto: TRANSPOSIÇÃO

Código: \_\_\_\_\_

Cliente: FUNDATE

Objeto: ESTAB - PREDIM

### 2.2.1. GEOMETRIA

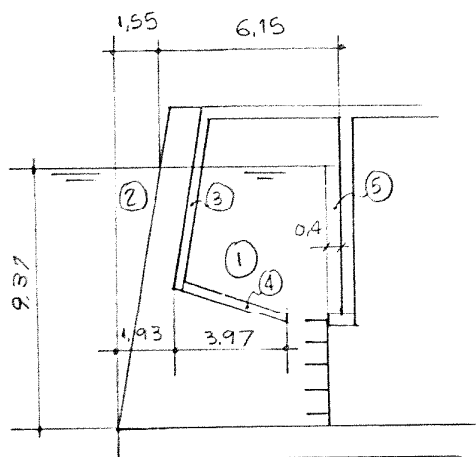
VFR ITEM 1.1.

### 2.2.2. ESFORÇOS ( $l_f, m$ )

#### 2.2.2.1. PESO DA ESTRUTURA (ver item 1.2.1)

$$P = 2684,9 \quad M_e = 2778,9$$

#### 2.2.2.2. PESO D'ÁGUA



ITEM	PESO	BRACO	MOMENTO
1	$7,5 \times 7,3 \times 9,31 \times 1,0 = 509,7$	3,65	1860,5
2	18,0		9,3
3	- 9,7		- 23,7
4	- 8,3		- 33,7
5	$0,4 \times 7,5 \times 5,41 \times 1,0 = 16,2$	1,50	124,5
	525,9	3,6 <sup>B</sup>	1.933,9

$$e = 3,6^B - 12,3 = -8,62$$

$$M = -525,9 \times 8,62 = -4533,3$$

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNCAFE  
 Objeto: ESTAB - PREDIM,

2.2.2.3. SUBPRESSÃO ver 1.2.3.

$$U = -2.536,3$$

2.2.3 TENSÕES VERTICAIS

2.2.3.1 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS ver 1.3.1

$$S = 246$$

$$W = 1008,6$$

2.2.3.2 RESULTANTES

ITEM	ESFORÇO		MOMENTO
	VERT	Horiz	
ESTRUTURAL	2684,9		2778,9
ÁGUA	525,9		-4.533,3
SUBPRESSÃO	-2536,3		0,0
	674,5		-1.754,4

2.3.3. TENSÕES

$$\sigma_B = \frac{674,5}{246} + \frac{1754,4}{1008,6} = 4,48$$

$$\sigma_A = 2,74 - 1,74 = 1,00$$

2.3.4. FLUTUAÇÃO

$$\nu = \frac{3210,8}{2536,3} = 1,26 \quad \text{OK!}$$

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
Cliente: FUNCTE \_\_\_\_\_  
Objeto: ESTAB - PREDIM \_\_\_\_\_

---

### 2.3- CASO LIMITE

- NA MÁX 353,56
- 2 BOMBAS EM MANUTENÇÃO  
ADJACENTES A UMA BOMBA  
EM OPERAÇÃO.
- EFEITO SÍSMICO

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNCATE  
 Objeto: ESTAB- PREDIM

2.3-1. GEOMETRIA

VER ITEM 1.1

2.3-2. ESFORÇOS ( $t_f, m$ )

2.3.2.1. PESO DA ESTRUTURA (ver item 1.2.1)

$$PESO = 2.684,9 \times 3 = 8.054,7 \quad e = 1,03^S$$

$$M_e = 1,03^S \times 8.054,7 = 8.336,6$$

2.3.2.2. PESO D'ÁGUA (ITEMS 1.2.2 e 2.2.2)

ITEM	ESFORÇO	BRAÇO	MOMENTO
2.1.2.2	1.616,1	11,73 <sup>r</sup>	18.968,5
2.2.2	2 x 525,9 = 1051,8	3,6 <sup>8</sup>	3.870,6
	2.667,9	8,56	22.839,1

$$e = 8,56 - 12,3 = -3,74$$

$$M_e = -2.667,9 \times 3,74 = -9.977,9$$

2.3.2.3. SUBPRESSÃO (ver 1.2.3)

$$U = -2.536,3 \times 3 = -7.608,9 \quad e = 0$$

2.3.2.4. SÍSMO

2.3.2.4.1. ESTRUTURAS

CARGA VERTICAL  $-0,05 \times 8.336,6 = -416,8$

HORIZONTAL  $-0,05 \times 8.336,6 = -416,8$

$$z = 5,75$$

$$M_z = -5,75 \times 416,8 = -2.396,6.$$

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNDATE \_\_\_\_\_  
 Objeto: ESTAB - PREDIM \_\_\_\_\_

2.3.2.4.2. MASSA D'ÁGUA

CARGA VERTICAL  $-0,05 \times 2667,9 = -133,4$

$e = -3,74$   $M_e = -133,4 \times 3,74 = -498,9$

CARGA HORIZONTAL

"ZANGLAR SIMPLIFICADO"

$-0,05 \times \frac{10,31^2}{2} \times 10 \times 3 = -79,7$

$z = 0,41$   $h_w = 0,41 \times 10,31 = 4,23$

$M_z = -79,7 \times 4,23 = -337,1$

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNCATE \_\_\_\_\_  
 Objeto: ESTAB - PREDIM \_\_\_\_\_

### 2.3.3. TENSÕES VERTICAIS

#### 2.3.3.1 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

$$S = 3 \times 10,0 \times 24,6 = 738$$

$$W = 3025,8$$

#### 2.3.3.2 RESULTANTES

ITEM	ESFORÇO		MOMENTO
	VERT.	HORIZ	
ESTRUTURA	8.054,7		8.336,6
ÁGUA	2.667,9		-9.977,9
SUBPRESSÃO	-7608,9		0,0
SISMO ESTRUT	-416,8		-431,4
"		-416,8	-2396,6
SISMO ÁGUA	-133,4		-498,9
"		-79,7	-337,1
OPERAÇÃO BOMBAS		-270,3	-3.922,0
	2.563,5	-766,8	-9.227,3

#### 2.3.3.3. TENSÕES

$$\sigma_B = \frac{2563,5}{738} + \frac{9227,3}{3025,8} = 6,52$$

$$\sigma_A = 3,47 - 3,05 = 0,42 > 0$$

#### 3.3.4. ESCORREGIMENTO

$$H_r = \frac{2563,5}{1,5} \cdot 1,40 = 1,434 >> 766,8 \checkmark$$

#### 3.3.5. FLUTUAÇÃO

$$\gamma = \frac{10.722,6}{8159,1} = 1,31 \checkmark$$

Projeto: TRANSPOSIÇÃO

Código: \_\_\_\_\_

Cliente: FUNDATE

Objeto: ESTAB - PREDIM

## 2.4- ANÁLISE DE TENSÕES

### 2.4.1. PESO DA ESTRUTURA

ITEM	ESFORÇO	BRASÇO	MOMENTO
PESO TOTAL	2.684,9	13,33 <sup>S</sup>	35.804,6
LOJE FUNDÇÃO	- 590,4	12,30	- 7.261,9
	2.094,5	13,62 <sup>7</sup>	28.542,7

ver 1.2.1

### ESTRUTURA SUBMERSA

$\frac{2094,5}{2,4} \cdot 1,4 = 1221,8$	13,62 <sup>7</sup>	
---	--------------------	--

$$e = 13,62^7 - 12,30 = 1,327$$

$$M_e = 1.221,8 \times 1,32^7 = 1.621,3$$

### 2.4.2. ESFORÇO HORIZONTAL

$$H = 270,3$$

$$M = 3.922$$

### 2.4.3. TENSÕES

$$S = 2,50 \times 24,60 = 61,5$$

$$W = 2,50 \times \frac{24,60^2}{6} = 252,1$$

$$\sigma_B = \frac{1.221,8}{24,6} + \frac{(1.621,3 + 3.922)}{252,1} = 71,66$$

$$\sigma_A = 49,67 - 2,99 = 27,68 > 0$$

$$\sigma_{\text{médio}} = \frac{270,3}{2,5 \times 24,6} = 4,4 \text{ kg/m}^2$$

$$Z_{\text{médio}} = 1,5 \times 1,4 = 6,6 \text{ kg/m}^2$$

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
Cliente: FUNCOTE \_\_\_\_\_  
Objeto: ESTAB-PREDIM \_\_\_\_\_

---

### 3- EBT-3

#### 3.1. CASO NORMAL

- NA MÁX 405,51

- BOMBAS OPERANDO



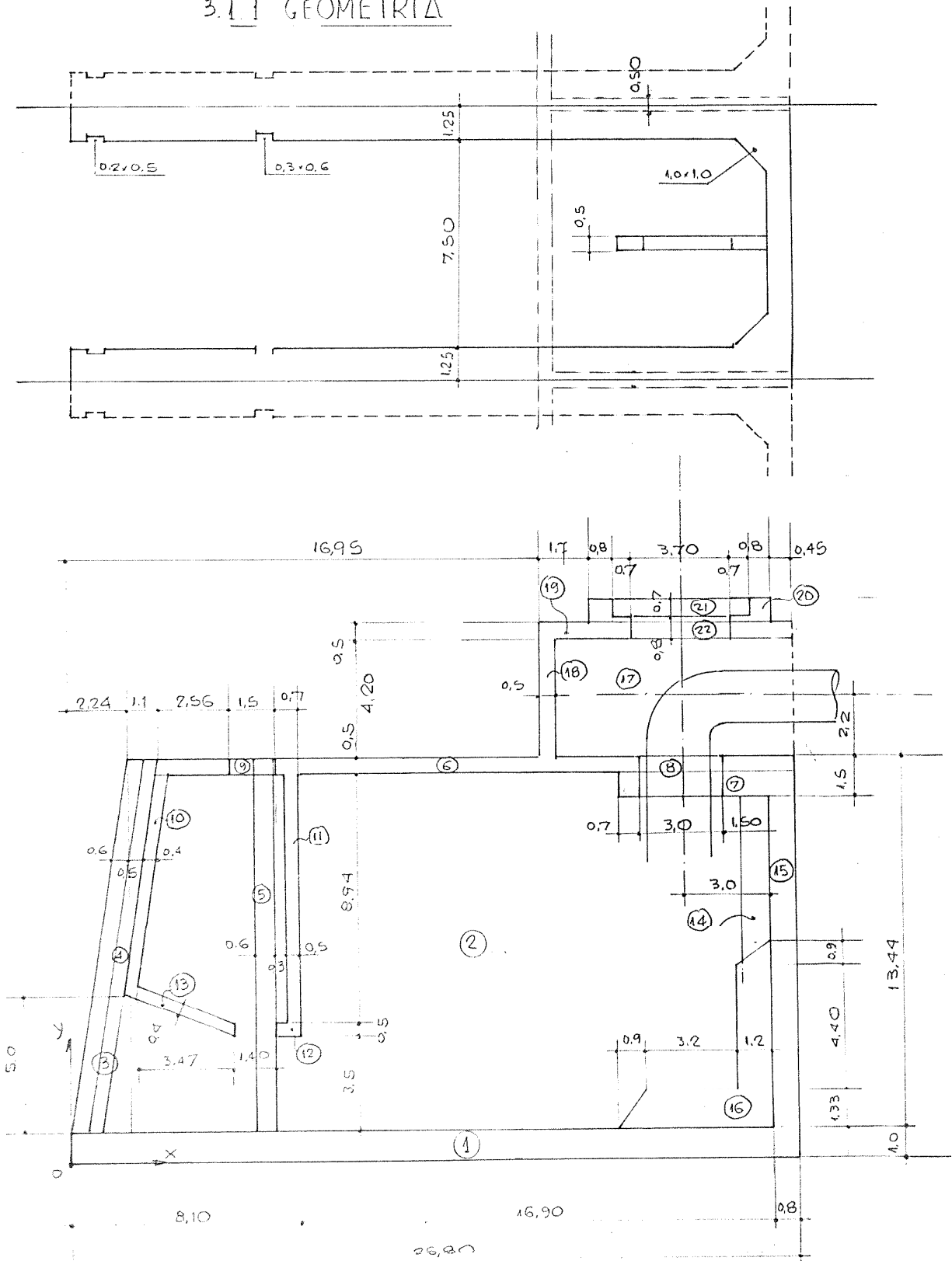
Projeto: TRANSPOSIÇÃO

Código: \_\_\_\_\_

Cliente: FUNDATE

Objeto: ESTAB - PREDIM

### 3.1.1 GEOMETRIA



Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNDATE Objeto: ESTAB - PREDIM

### 3.1.2 ESFORÇOS (tf, m)

#### 3.1.2.1. PESO DA ESTRUTURA

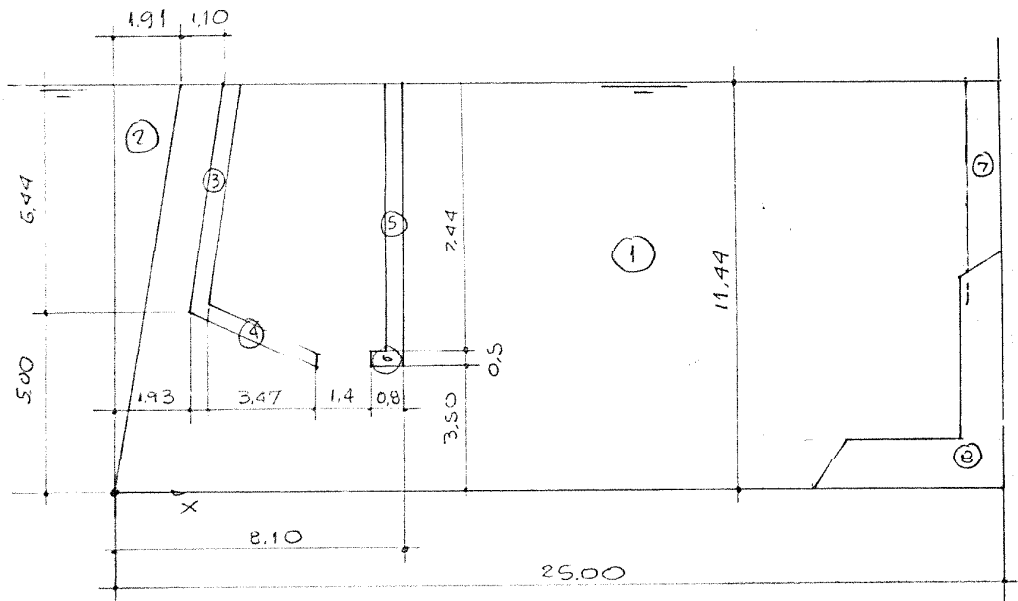
ITEM	PESO	x	M <sub>x</sub>	y	M <sub>y</sub>
1	10,0 × 25,8 × 1,00 × 2,4 = 619,2	12,90	7.987,7	0,50	309,6
2	2,5 × 23,56 × 13,44 × 2,4 = 1.899,9	14,02	26.636,6	7,72	14.667,2
3	½ × 2,5 × 2,24 × 13,44 × 2,4 = 90,3	1,49 <sup>3</sup>	134,8	5,48	494,8
4	2 × 0,2 × 0,50 × 13,44 × 2,4 = 6,5	1,97	12,8	7,72	50,2
5	-2 × 0,3 × 0,60 × 13,44 × 2,4 = -11,6	7,00	-81,3	7,72	-89,6
6	7,5 × 22,46 × 0,50 × 2,4 = 202,1	14,57	2.944,6	14,19	2.867,8
7	7,5 × 6,00 × 1,00 × 2,4 = 108,0	22,80	2.462,4	13,44	1.451,5
8	-¼ × π × 5,0 <sup>2</sup> × 1,5 × 2,4 = -25,4	22,00	-558,8	13,69	-347,7
9	-2,5 × 1,5 × 0,5 × 2,4 = -13,5	6,65	-89,8	14,19	-191,6
10	7,5 × 0,4 × 7,94 × 2,4 = 57,2	2,84	162,4	9,97	570,3
11	7,5 × 0,5 × 8,94 × 2,4 = 80,5	7,85	631,9	9,47	762,3
12	7,5 × 0,8 × 0,50 × 2,4 = 7,2	7,70	55,4	4,75	34,2
13	7,5 × 3,47 × 0,40 × 2,4 = 25,0	4,16 <sup>5</sup>	104,1	5,45	136,3
14	2 × ½ × 1,0 × 1,0 × 11,94 × 2,4 = 28,7	24,66 <sup>7</sup>	707,9	6,97	200,0
15	7,5 × 0,8 × 11,94 × 2,4 = 171,9	25,40	4.366,3	6,97	1.198,1
16	14,6	23,44 <sup>5</sup>	342,3	3,12 <sup>2</sup>	45,6
17	0,5 × 8,85 × 4,70 × 2,4 = 49,9	21,37 <sup>5</sup>	1.066,6	16,79	837,8
18	9,5 × 0,50 × 4,20 × 2,4 = 47,9	17,20	823,9	16,54	792,3
19	9,5 × 8,85 × 0,5 × 2,4 = 100,9	21,37 <sup>5</sup>	2.156,7	18,89	1.906,0
20	¼ × π × 6,7 <sup>2</sup> × 1,0 × 2,4 = 84,6	22,00	1.861,2	19,64	1.661,5
21	-¼ × π × 5,1 <sup>2</sup> × 0,7 × 2,4 = -34,3	22,00	-754,6	19,79	-678,8
22	-¼ × π × 3,7 <sup>2</sup> × 0,8 × 2,4 = -20,6	22,00	-453,2	19,04	-392,2
	Σ 3.467,5	14,50 <sup>5</sup>	50.295,0	7,54 <sup>4</sup>	26.158,6

$e = 14,50^5 - 12,90 = 1,60^5$

$M_e = 5.565,3$

Projeto: TRANSPOSIÇÃO  
 Cliente: FUNCTE  
 Objeto: ESTAB-PREDIM

3.1.2.2 PESO D'ÁGUA



ITEM	PESO	$\gamma$	$M_x$
1	$7,5 \times 25,0 \times 11,44 \times 1,0 = 2145,0$	12,50	26.012,5
2	$\frac{1}{2} \times 2,5 \times 1,91 \times 11,44 \times 1,0 = 27,3$	0,63 <sup>7</sup>	17,4
3	$- 7,5 \times 0,4 \times 6,44 \times 1,0 = -19,3$	2,67	- 51,5
4	$- 7,5 \times 3,47 \times 0,4 \times 1,0 = -10,4$	4,16 <sup>5</sup>	- 43,3
5	$- 7,5 \times 0,5 \times 7,44 \times 1,0 = -27,9$	7,85	- 219,0
6	$- 7,5 \times 0,8 \times 0,5 \times 1,0 = -3,0$	7,70	- 23,1
7	$2 \times \frac{1}{2} \times 1,0 \times 1,0 \times 11,44 \times 1,0 = -11,4$	24,66 <sup>7</sup>	- 281,2
8	- 2,5	23,44 <sup>5</sup>	- 58,6
	2097,8	12,46 <sup>7</sup>	26.153,2

$$e = 12,46^7 - 12,90 = -0,43^3$$

$$M_e = -908,3$$

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNDATE  
 Objeto: ESTAB - PREDIM

### 3.1.2.3. SUB PRESSÃO

$$U = -10,0 \times 25,8 \times 12,44 = -3.209,5 \quad e = 0$$

### 3.1.2.4 ESFORÇO HORIZONTAL (RECALQUE)

$$\Delta H = 495,11 - 409,71 = 85,4$$

$$H = -\frac{\pi \times 1,85^2}{4} \times 85,4 \times 1,5 = -344,3$$

$$Z = 16,64$$

$$M_z = -5.729,2$$

### 3.1.3. TENSÕES VERTICAIS

#### 3.1.3.1. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

$$S = 10,0 \times 25,8 = 258$$

$$W = \frac{10 \times 25,8^2}{6} = 1.109,4$$

#### 3.1.3.2. RESULTANTES

ITEM	ESTORÇO		MOMENTO
	VERT.	HORIZ	
ESTRUTURA	3.467,5		5565,3
OGAS	2.097,8		- 908,3
SUBPRESSÃO	-3.209,5		0,0
RECALQUE		- 344,3	- 5.729,2
	2355,8	-344,3	- 1072,2

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_

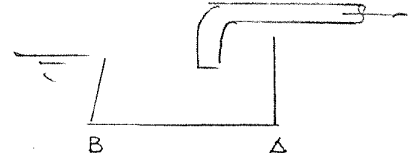
Cliente: FUNDATE \_\_\_\_\_

Objeto: ESTAB - PREDIM \_\_\_\_\_

3.1.3.3. TENSÕES

$$\sigma_B = \frac{2.355,8}{258} - \frac{1072,2}{1109,4} = 8,16$$

$$\sigma_\Delta = 9,13 + 0,97 = 10,1$$



3.1.3.4. ESCORREGAMENTO

$$H_{RES} = \frac{2.355,8 \log 40}{1,5} = 1.317,8 \gg 344,3.$$



Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
Cliente: FUNDATE \_\_\_\_\_  
Objeto: ESTAB - FREDIM \_\_\_\_\_

---

### 3.2. CASO EXCEPCIONAL

- NA MÁX 405,51
- BOMBAS EM MANUTENÇÃO

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNCATE \_\_\_\_\_  
 Objeto: ESTAB - PREDIM \_\_\_\_\_

3.2.1. GEOMETRIA

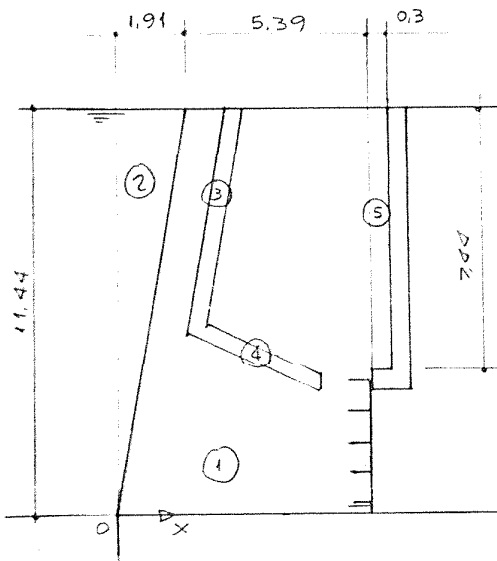
VER ITEM 3.1.1

3.2.2. ESFORÇOS ( $t_f, m$ )

3.2.2.1. PESO DA ESTRUTURA (3.1.2.1)

$P = 3467,9$        $M = 5565,3$

3.2.2.2. PESO D'ÁGUA



ITEM	PESO	$x$	$M_x$
1	$7,5 \times 7,3 \times 11,44 \times 1,0 =$ 626,3	3,65	2286,0
2	$\frac{1}{2} \times 2,5 \times 1,91 \times 11,44 \times 1,0 =$ 27,3	$0,63^7$	17,4
3	-19,3	267	-51,5
4	-10,4	$4,16^5$	-43,3
5	$7,5 \times 0,3 \times 7,44 \times 1,0 =$ 16,7	7,45	124,4
	640,6	$3,64^2$	2333,0

$$x = 3,64^2 - 12,90 = -9,25^8$$

$$M_k = -9,25^8 \times 640,6 = -5930,7$$

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNCTE  
 Objeto: ESTAB - PREDIM

3.2.2.4. SUBPRESSÃO (3.1.2.3)

$$U = - 3.209,5 \quad e = 0$$

3.2.3 TENSÕES VERTICAIS

3.2.3.1. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS (3.1.3.1)

$$S = 258$$

$$W = 1.109,4$$

3.2.3.2. RESULTANTES

ITEM	ESFORÇO		MOMENTO
	VERT	HORIZ	
ESTRUTURAL	3467,5		5565,3
ÁGUA	640,6		-5930,7
SUBPRESSÃO	-3209,5		0,0
	898,6		-365,4

3.2.3.3. TENSÕES

$$\sigma_B = \frac{898,6}{258} - \frac{365,4}{1109,4} = 3,15 > 0$$

$$\sigma_A = 3,48 + 0,33 = 3,81$$

3.2.3.4. FLUTUAÇÃO

$$\gamma = \frac{4.108,1}{3209,5} = 1,28 \quad \sigma \%$$



Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUUCATE \_\_\_\_\_  
 Objeto: ESTÓB - PREDIM \_\_\_\_\_

3.3- CASO LIMITE

- NA MÁX 40,51
- 2 BOMBAS EM MANUTENÇÃO ADJACENTES  
 Δ UMA BOMBA EM OPERAÇÃO.
- EFEITO SÍSMICO.

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNDATE \_\_\_\_\_  
 Objeto: ESTAB - PREDIM \_\_\_\_\_

### 3.3.1. GEOMETRIA

VER ITEM 3.1.1.

### 3.3.2. ESFORÇOS ( $t_f, m$ )

#### 3.3.2.1. PESO DA ESTRUTURA (ver item 3.1.2.1)

$$PESO = 3.467,5 \times 3 = 10.402,5$$

$$e = 1,60^5$$

$$M_e = 16.696,$$

#### 3.3.2.2. PESO D'ÁGUA (ITENS 3.1.2.2 e 3.2.2.2)

ITEM	ESFORÇO	$x$	$M_x$
1.2.2	2097,8	$12,46^7$	26.153,2
2.2.2	$2 \times 640,6 = 1281,2$	$3,64^2$	4.666,1
	3.379,0	9,12	30.819,3

$$e = 9,12 - 12,90 = -3,78$$

$$M_e = -3,78 \times 3.379 = -12.772,6$$

#### 3.3.2.3. SUBPRESSÃO (3.1.2.3)

$$U = -3.209,5 \times 3 = -9.628,5$$

$$e = 0$$

### 3.3.2.4. SÍSMO

#### 3.3.2.4.1. ESTRUTURA

CARGA VERTICAL  $-0,05 \times 10.402,5 = -520,1$   $M_e = -834,8$

CARGA HORIZONTAL  $-0,05 \times 10.402,5 = -520,1$

$$z = 7,54^4$$

$$M_z = -3923,6$$

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNDATE \_\_\_\_\_  
 Objeto: ESTAB - PREDIM \_\_\_\_\_

3.3.2.4.2 MASSA D'ÁGUA

CARGA VERTICAL  $-0,05 \times 3.379 = -169,0$

$e = -3,78$   $M_e = +3,78 \times 169,0 = 638,8$

CARGA HORIZONTAL

“ZANUAR SIMPLIFICADO”

$$-0,05 \times \frac{12,44^2}{2} \times 3 \times 10 = -116,1$$

$$z = 0,41 \quad h = 0,41 \times 12,44 = 5,1$$

$$M_z = -116,1 \times 5,1 = -592,1$$

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNDATE  
 Objeto: ESTAB - PREDIM

### 3.3.3 TENSÕES VERTICAIS

#### 3.3.3.1 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

$$S = 774$$

$$W = 3.328,2$$

#### 3.3.3.2 RESULTANTES

ITEM	ESFORÇO		MOMENTO
	VERT	HORIZ	
ESTRUTURA	10402,5		16.696
ÁGUA	3379,0		-12.772,6
SUPRESSÃO	-9628,5		0,0
SISMO ESTENT	-520,1		-834,8
		-520,1	-3.923,6
SISMO ÁGUA	-159,0		638,8
		110,1	-592,1
	3.463,9	-636,2	-788,3

#### 3.3.3.3 TENSÕES

$$\sigma_B = \frac{3463,9}{774} - \frac{788,3}{3328,2} = 4,24$$

$$\sigma_A = 4,48 + 0,24 = 4,72$$

#### 3.3.3.4 ESCORREGAMENTO

$$H_R = \frac{3463,9 \cdot 1040}{1,5} = 1937,7 \gg 636,2$$

#### 3.3.3.5 FLUTUAÇÃO

$$V = \frac{13.781,5}{10.317,6} = 1,33 \quad OK!$$

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNCATE \_\_\_\_\_  
 Objeto: ESTAB - PREDIM \_\_\_\_\_

### III - ESTABILIDADE DOS DESAGUES

COMO AS ESTRUTURAS DOS DESAGUES SÃO SEMELHANTES E SUJEITAS AOS ESPORÇOS DE MESMA GRANDEZA, VERIFICA-SE SÓMENTE A ESTABILIDADE DO EBI-2.

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNCAE  
 Objeto: ESTAB - PREDIM

COLUNA D'ÁGUA JUNTO A SOLEIRA DA COMPORTA. (m)

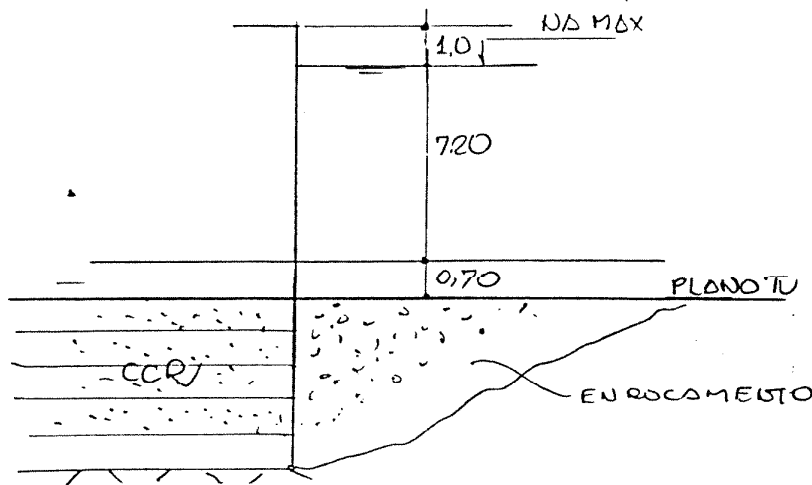
ESTRUTURA	ANTE-PROJETO	PROJ. BÁSICO
EBI - 1	$357,10 - 350,00 = 7,10$	$359,50 - 353,45 = 6,05$
EBI - 2	$408,50 - 401,75 = 6,75$	$408,32 - 401,18 = 7,14$
EBI - 3	$490,02 - 483,53 = 6,49$	$493,69 - 486,91 = 6,78$

DIMENSÕES ADOPTADAS

$\Delta H_{SOLEIRA} = 7,20 \text{ m}$

FREEB. 1,00 m

EXTENSÃO DA BASE 30,56 m



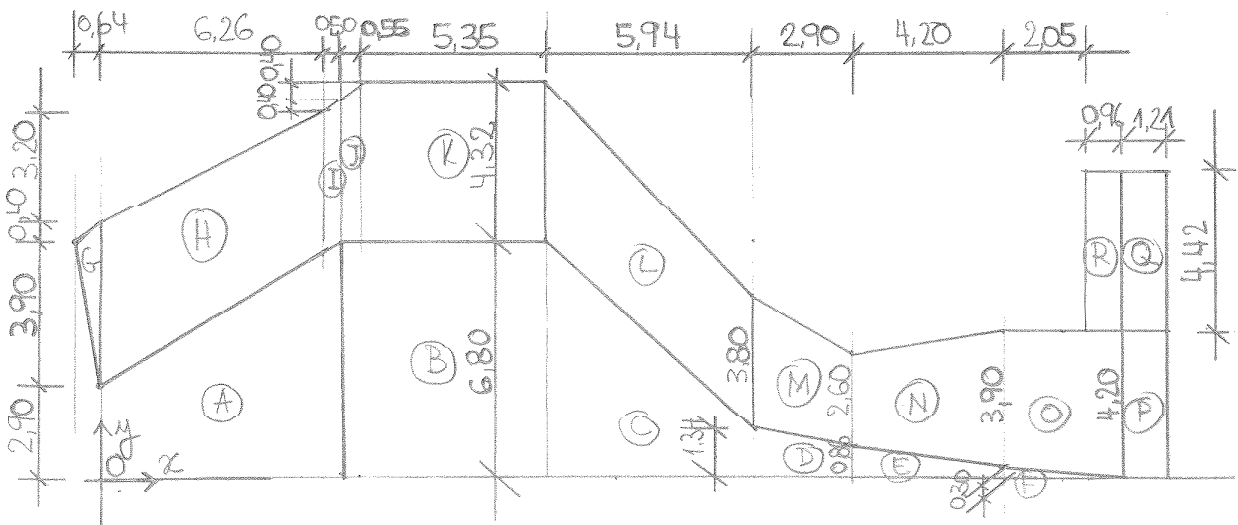
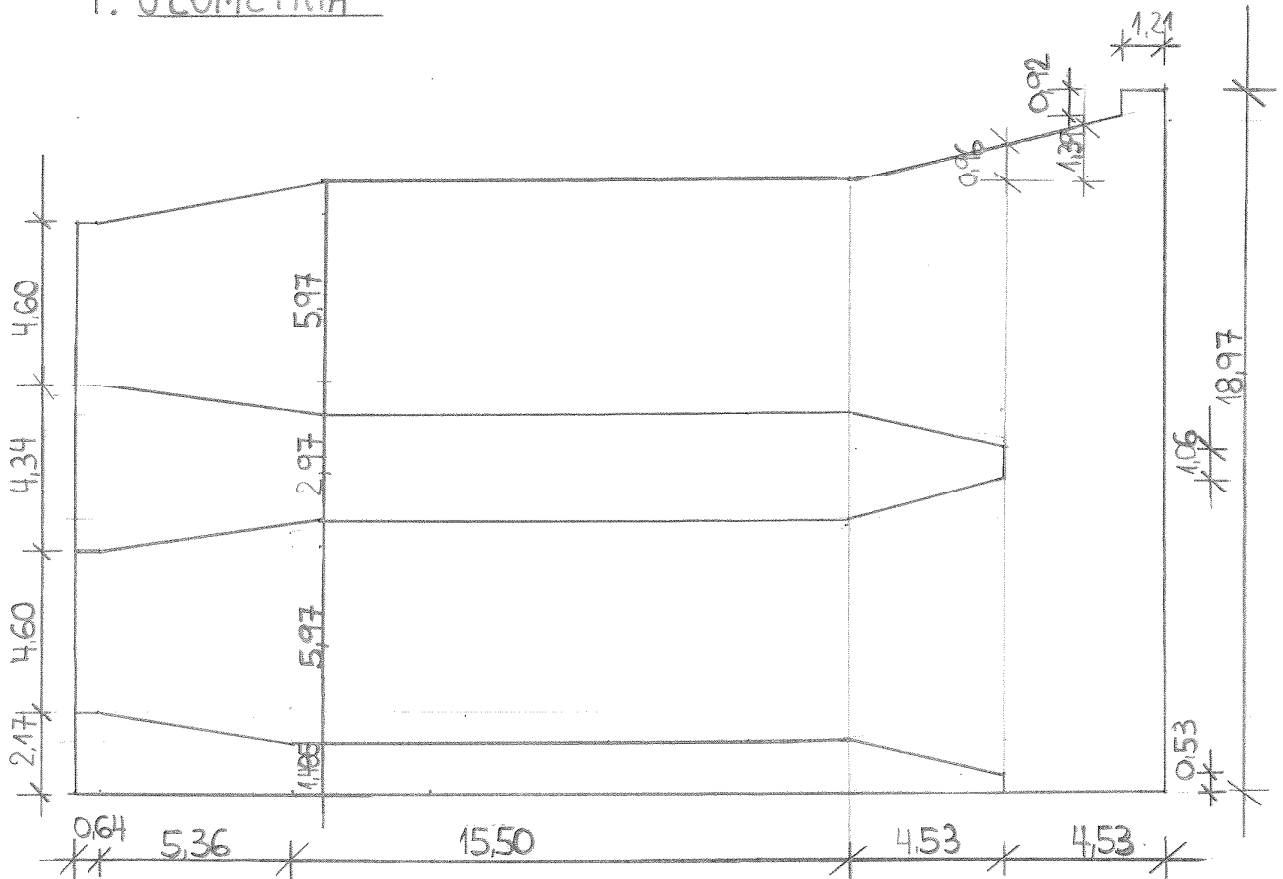
Projeto: TRANSDIÇÃO

Código: \_\_\_\_\_

Cliente: FUNCATE

Objeto: ESTAB - PREDIM.

# 1. GEOMETRIA

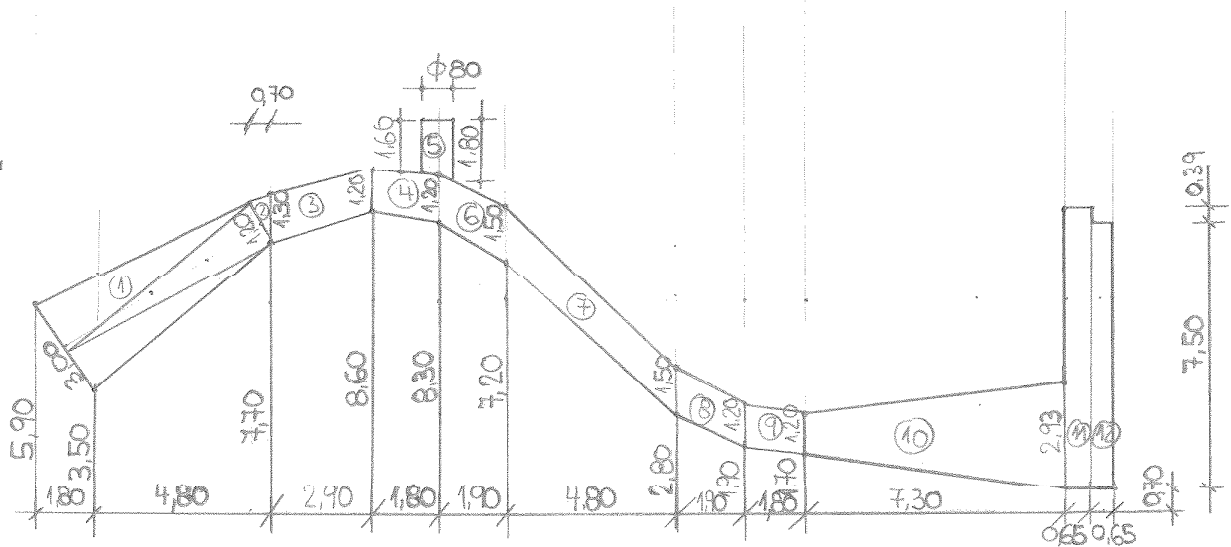
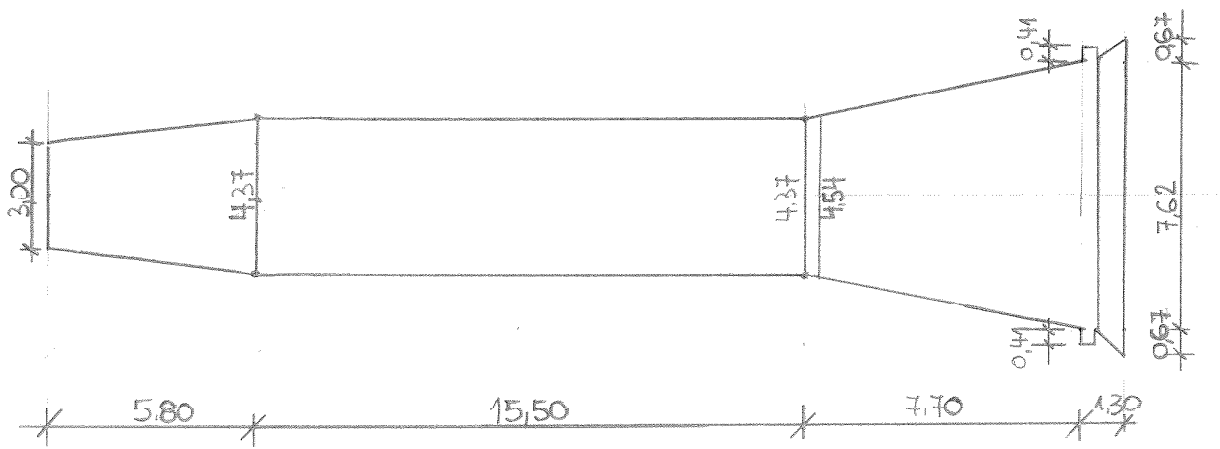


Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_

Cliente: FUNCATE

Objeto: ESTAB - DREDIM.

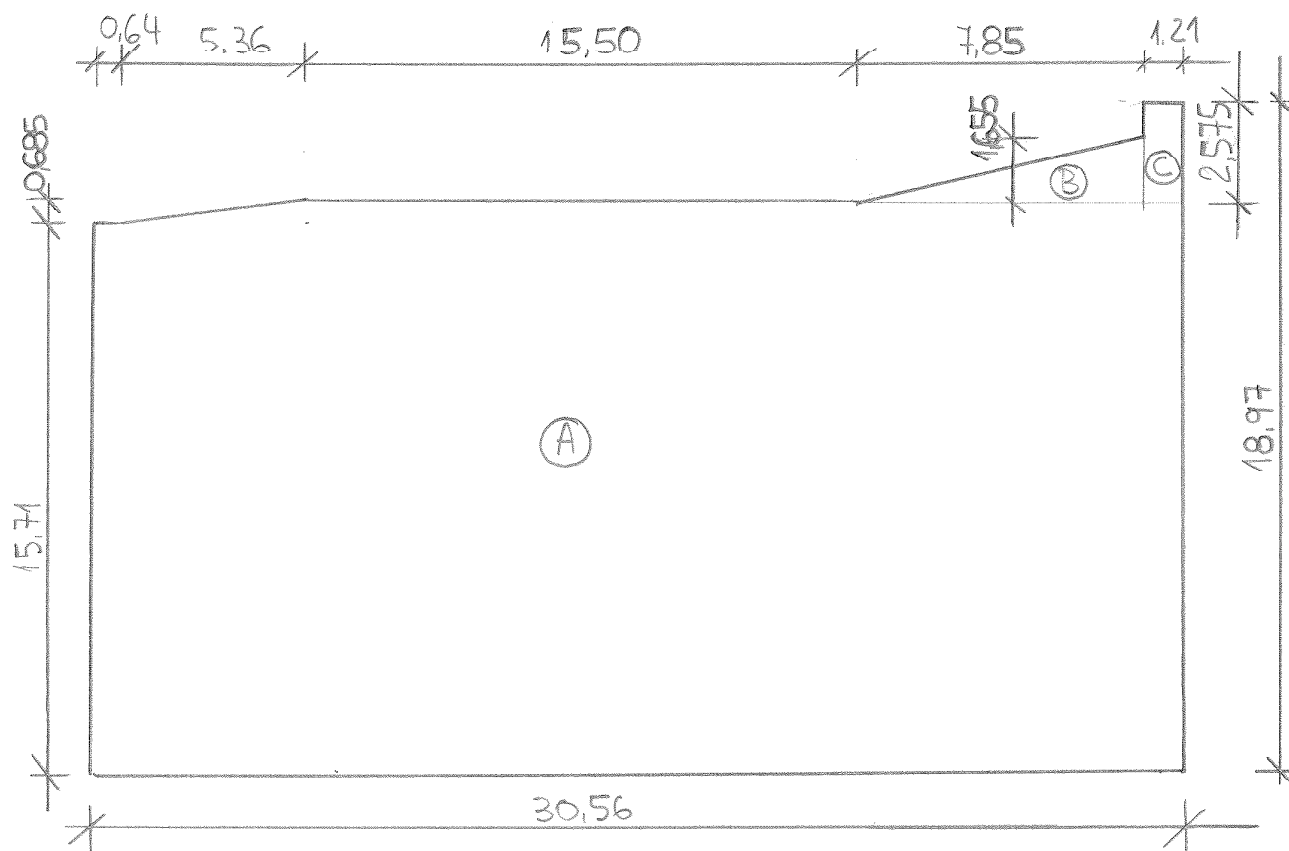
VAZIOS





Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNCATE  
 Objeto: ESTAB-PREDIM.

1.1 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DA BASE (1/2)



ITEM	ÁREA	$\bar{x}$	$M_x$	$S(\Delta x)^2$	$J_0$	J
(A)	498,76	15,34	7650,98	28,73	38587,28	38616,01
(B)	6,50	26,73	173,75	808,10	22,24	830,34
(C)	3,12	29,96	93,46	645,17	0,38	645,55
	508,38	15,58	7918,19	1482,00		40091,90

Projeto: TRANSPOSIÇÃO

Código:

Cliente: FUNCAFE

Objeto: ESTAB - PREDIM.

## 2 - ESFORÇOS

### 2.1 PESO PRÓPRIO

#### 2.1.1 VOLUME DE CONCRETO DO MACIÇO

ITEM	VOLUME	x	Mx	y	My
Ⓐ	526,20	3,83	2015,35	2,09	1099,76
Ⓑ	657,77	9,71	6386,95	3,40	2236,42
Ⓒ	396,36	14,97	5933,51	2,79	1105,84
Ⓓ	52,30	19,94	1042,86	0,56	29,29
Ⓔ	41,11	23,26	956,22	0,72	29,60
Ⓕ	7,97	26,70	212,80	0,10	0,80
	1681,71	9,84	16547,69	2,68	4501,71

#### 2.1.2 VOLUME DA ENVOLTÓRIA DO DUTO

ITEM	VOLUME	x	Mx	y	My
Ⓖ	21,62	-0,21 <sup>3</sup>	4,61	5,63	121,72
Ⓕ	413,00	3,08	1272,04	6,73	2779,49
Ⓖ	32,13	6,51	209,17	8,62	276,96
Ⓙ	37,15	7,04	261,54	8,86	329,15
Ⓚ	378,92	9,99	3785,41	8,96	3395,12
Ⓛ	395,39	15,50	6128,55	6,04	2388,16
Ⓜ	152,15	19,96	3036,91	2,73	415,37
Ⓝ	229,83	23,74	5456,16	2,21	507,92
Ⓞ	215,19	27,22	5857,47	2,17	466,96
Ⓟ	96,41	29,31 <sup>5</sup>	2826,26	2,10	202,46
Ⓠ	101,46	29,31 <sup>5</sup>	2974,30	6,41	650,36
Ⓡ	80,49	28,23	2272,23	6,41	515,94
	2153,74	15,83	34084,65	5,59	12049,61

Projeto: TRANSPOSIÇÃO

Código:

Cliente: FUNCATE

Objeto: ESTAB - PREDIM.

2.1.3 VOLUME DE VAZIOS (2 DUTOS)

ITEM	VOLUME	$x$	$Mx$	$y$	$My$
①	101,93	150	152,90	6,20	631,97
②	3,98	4,45	17,71	8,35	33,23
③	31,68	6,25	198,00	4,57	144,78
④	18,88	8,60	162,37	9,05	170,86
⑤	3,42	9,50	32,49	10,35	35,40
⑥	22,42	10,49	235,19	8,07	180,93
⑦	62,93	13,80	868,43	5,75	361,85
⑧	22,42	17,12	383,83	3,04	68,16
⑨	18,96	19,00	360,24	2,40	45,50
⑩	183,31	24,06	4410,44	2,22	406,95
⑪	86,57	29,33	2539,10	4,65	402,55
⑫	80,83	29,98	2423,28	4,45	359,69
	637,33	18,49	11783,98	4,46	2841,87

Projeto: TRANSPOSIÇÃO

Código:

Cliente: FUNDATE

Objeto: ESTAB. - PREDIM.

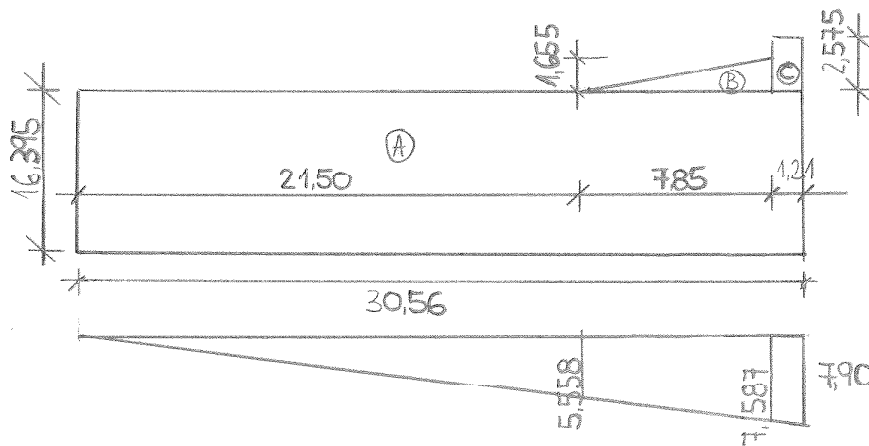
2.1.3 PESO

ITENS	PESO	$x$	$Mx$	$y$	$My$
MACIÇO	$1681,71 \times 2,3 = 3867,93$	9,84	38060,43	2,68	10366,05
ENVOLT. DUTO	$2153,74 \times 2,4 = 5168,98$	15,68	81049,61	5,59	28894,60
VAZIOS	$-637,33 \times 2,4 = -1529,59$	18,49	-28282,12	4,46	-6821,97
	7507,32	12,10	90821,92	4,32	32438,68

$$l = 12,10 - 15,58 = -3,48$$

$$M = -3,48 \times 7507,32 = 26125,47$$

2.2 SUBPRESSÃO



ITEM	ESFORÇO	$x$	$Mx$
A	-1979,07	20,37 <sup>3</sup>	40319,59
B	-42,69	26,73 <sup>3</sup>	1141,23
C	-24,13	29,95 <sup>3</sup>	722,81
	-2045,89	20,61 <sup>3</sup>	42183,63

$$l = 20,61^3 - 15,58 = 5,03^3$$

$$M = -5,03^3 \times 2045,89 = -10309,24$$

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNDATE  
 Objeto: ESTAB. - PREDIM.

2.3 EMPUXO D'ÁGUA

$$H = \frac{-7,9^2}{2} \times 18,97 = -592,00 \quad z = 2,63^4$$

$$M_H = -1559,32$$

2.4 EFEITO SÍSMICO

2.4.1 MASSA DE CONCRETO

CARGA VERTICAL  $\Delta V = \pm 0,05 \times 7507,32 = 375,37$   
 $e = -3,48 \quad M_e = \pm 1306,29$

CARGA HORIZONTAL

$$\Delta H = 0,05 \times 7507,32 = 375,37$$

$$z = 4,32 \quad M_z = 1621,60$$

2.4.2 MASSA D'ÁGUA

$$\Delta H = 0,05 \times 591,96 = 29,6 \quad z = 0,41 \times 7,90 = 3,24$$

$$M_z = 95,90$$

2.4.3 ENROCAMENTO (ver 2.5)

$$\Delta V = 0,05 \times 1686,35 = -84,32 \quad M_e = -5,89 \times 84,32 = -496,64$$

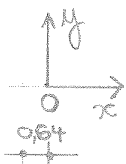
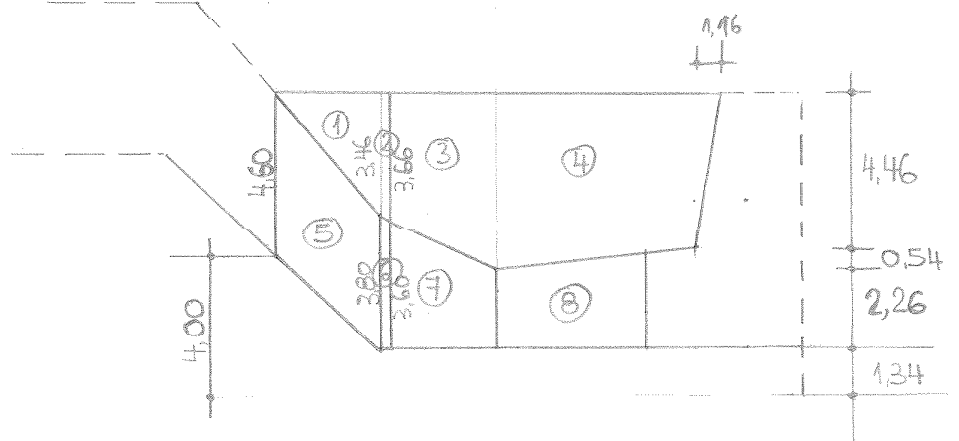
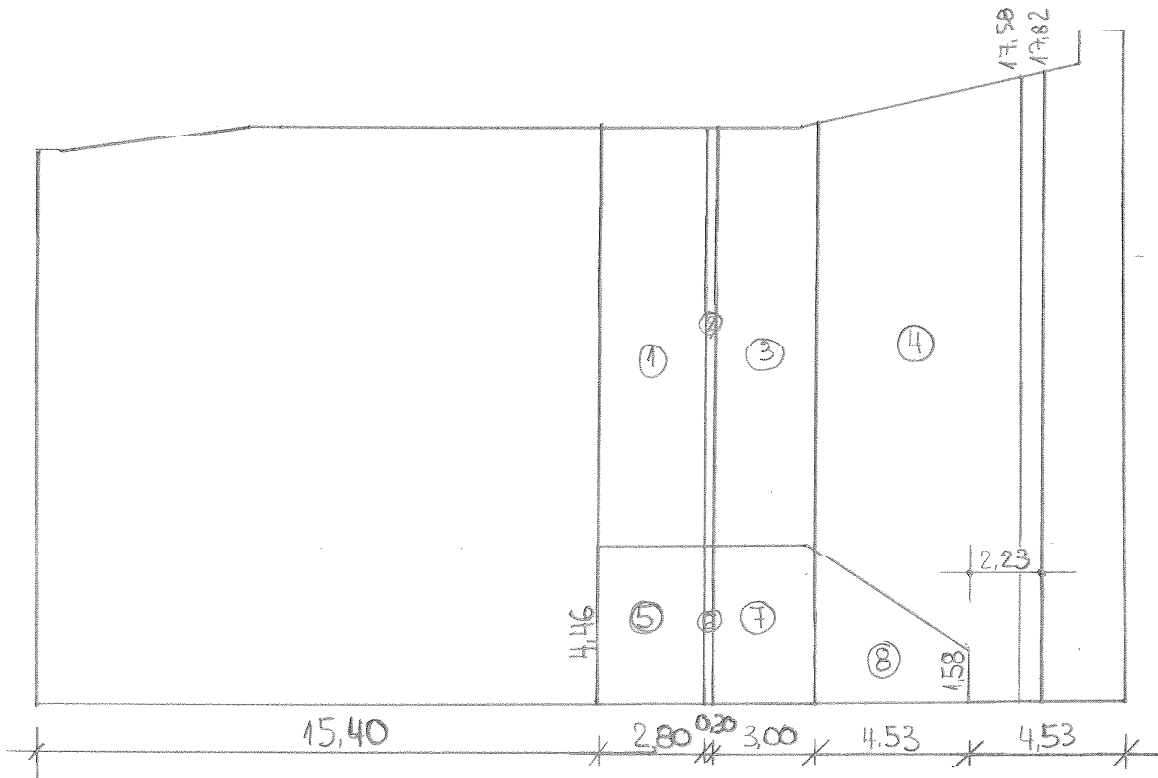
$$\Delta H = 0,05 \times 1686,35 = -84,32 \quad M_z = -6,06 \times 84,32 = -510,98$$

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_

Cliente: FUNCATE

Objeto: ESTAB - PREDIM.

2.5 ENROCAMENTO



Projeto: TRANSPOSIÇÃO

Código:

Cliente: FUNCATE

Objeto: ESTAB - PREDIM.

PESO DO ENROCAMENTO

$\gamma = 1.8 \text{ t/m}^3$

ITEM	PESO	x	M <sub>xc</sub>	y	M <sub>yc</sub>
1	142,95	16,63	2377,26	7,45	1064,98
2	31,52	17,71	558,22	6,82	214,97
3	383,35	19,44	7452,32	6,42	2461,11
4	892,35	23,90	21327,17	6,31	5630,73
5	94,41	16,12	1521,89	4,82	455,06
6	8,91	17,71	157,80	3,19	28,42
7	70,56	19,25	1358,28	2,83	199,68
8	62,30	23,21	1445,98	2,61	162,60
	1686,35	21,47	36198,92	6,06	10217,55

$e = 21,47 - 15,58 = 5,89$

$M_e = 1686,35 \cdot 5,89 = 9932,60$

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNCATE  
 Objeto: ESTAB - PREDIM.

### 3- ESTABILIDADE

#### 3.1 CASO NORMAL

##### 3.1.1 RESULTANTES

ITEM	ESFORÇO		MOMENTO
	VERT.	HORIZ.	
PESO PRÓPRIO	7507,32	-	- 26125,47
SUBPRESSÃO	-2045,89	-	- 10309,24
ENROCAMENTO	1686,35	-	9932,60
EMPUXO D'ÁGUA	-	-592,0	- 1559,32
	7417,78	-592,0	- 28061,43

##### 3.1.2 TENSÕES VERTICAIS

$$\sqrt{A} = \frac{7417,78}{508,38} + \frac{28061,43}{40091,90} \times 15,58 = 25,50$$

$$\sqrt{B} = \frac{7417,78}{508,38} - \frac{28061,43}{40091,90} \times 14,98 = 4,11$$

##### 3.1.3 ESCORREGAMENTO

$$H_R = \frac{7417,78 \times \tan 40^\circ}{1,5} = 4149,5 \gg 592,0$$



Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNDATE  
 Objeto: ESTAB - PREDIM.

### 3.2 CASO EXCEPCIONAL

#### 3.2.1 RESULTANTES

ITEM	ESFORÇO		MOMENTO
	VERT.	HORIZ.	
CASO NORMAL	7417,78	-592	-28061,43
SISMO CONCRETO	-375,37		+1306,29
		-375,37	-1621,60
SISMO ENROCAMENTO	-84,32		-496,64
		-84,32	-510,98
SISMO ÁGUA		-29,6	-95,90
	6958,09	-1081,29	-29480,26

#### 3.2.2 TENSÕES VERTICAIS

$$\sigma_A = \frac{6958,09}{508,38} + \frac{29480,26}{40091,90} \times 15,58 = 25,14$$

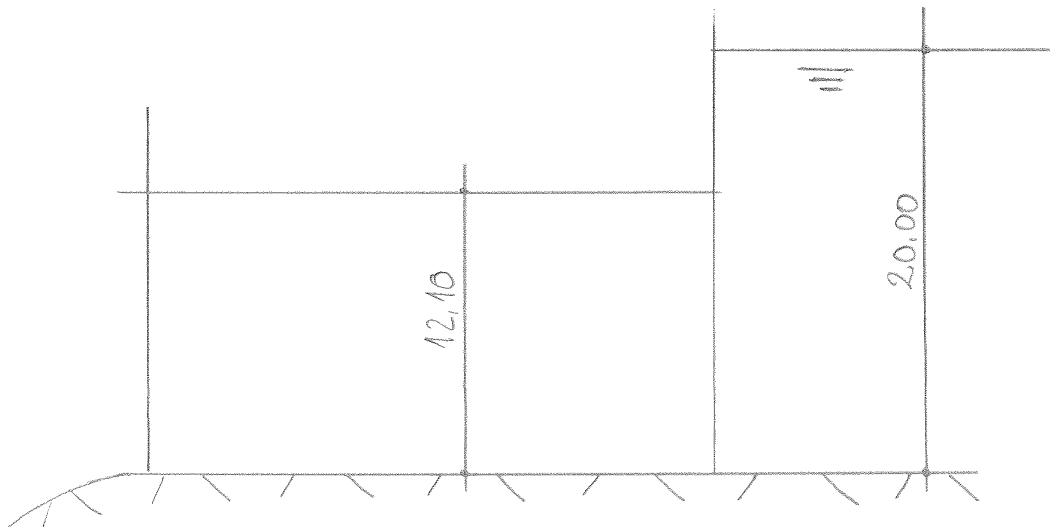
$$\sigma_B = \frac{6958,09}{508,38} - \frac{29480,26}{40091,90} \times 14,98 = 2,67$$

#### 3.2.3 ESCORREGAMENTO

$$H_r = \frac{6958,09}{1,5} \times \tan 40^\circ = 3892,35 \gg 1081,29$$

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNCATE  
 Objeto: ESTAB - PREDIM.

4 - FUNDAÇÃO REBAIXADA



4.1 - ESFORÇOS

4.1.1 PESO DA INFRAESTRUTURA

$$PESO = 508,38 \times 12 \times 2,2 = 13421,23 \quad x = 15,58 \quad e = 0$$

$$M_e = 0$$

4.1.2 SUBPRESSÃO

$$U = \frac{-20,0}{7,90} \times 2045,89 = -5179,47 \quad x = 5,03^9$$

$$M_e = -5179,47 \times 5,03^9 = -26099,35$$

4.1.3 EMPUXO D'ÁGUA

$$H = -\frac{\bar{20}^2}{2} \times 18,97 = -3794 \quad z = 6,667 \quad M_g = 25293,3$$

Projeto: TRANSPOSIÇÃO

Código: \_\_\_\_\_

Cliente: FUNCATE

Objeto: ESTAB-PREDIM.

## 4.2 ESTABILIDADE - CASO NORMAL

### 4.2.1 RESULTANTE

ITEM	ESFORÇO		MOMENTO
	VERT.	HORIZ.	
SUPERESTRUTURA	7507,32		- 26125,47
ENROCAMENTO	1686,35		9932,60
INFRAESTRUTURA	13421,23		0,0
SUBPRESSÃO	-5171,47		- 26099,35
EMPUXO D'ÁGUA		-3794	- 25293,3
	17435,33	-3794	- 67585,52

### 4.2.2 TENSÕES VERTICAIS

$$\sigma_A = \frac{17435,43}{508,38} + \frac{67585,52}{40091,90} \times 15,58 = 60,56$$

$$\sigma_B = \frac{17435,43}{508,38} - \frac{67585,32}{40091,90} \times 14,98 = 9,04$$

### 4.2.3 ESCORREGAMENTO

$$H_R = \frac{17435,43 \times \tan 40^\circ}{1,5} = 9753,38 > 3794$$

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNCATE  
 Objeto: ESTAB - PREDIM.

### 4.3 ESTABILIDADE - CASO EXCEPCIONAL

#### 4.3.1 - ESFORÇOS SÍSMICOS

##### 4.3.1.1 SUPERESTRUTURA

###### CARGA VERTICAL

$$V = -0,05 \times 7507,32 = -375,37$$

$$e = -3,48 \quad M_e = +1306,29$$

###### CARGA HORIZONTAL

$$H = -375,37 \quad z = 4,32 + 12 = 16,32 \quad M_z = -6126,04$$

##### 4.3.1.2 ENROCAMENTO

###### CARGA VERTICAL

$$V = -0,05 \times 1686,35 = -84,32 \quad M_e = -5,89 \times 84,32 = -496,64$$

###### CARGA HORIZONTAL

$$H = -84,32 \quad z = 6,06 + 12,0 = 18,06 \quad M_z = -1522,82$$

##### 4.3.1.3 MASSA D'ÁGUA

$$\Delta H = 0,05 \times 3794 = -189,7 \quad z = 8,20 \quad M_z = -1555,51$$

##### 4.3.1.4 INERESTRUTURA

###### CARGA VERTICAL

$$V = -0,05 \times 13421,3 = 671,1 \quad e = 0 \quad M = 0$$

###### CARGA HORIZONTAL

$$H = -671,1 \quad z = 6 \quad M_z = -4026,6$$

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNCATE  
 Objeto: ESTAB - PREDIM.

4.3.2 VERIFICAÇÃO DAS TENSÕES

4.3.2.1 RESULTANTE E TENSÕES

ITEM	ESFORÇO		MOMENTO
	VERT.	HORIZ.	
CASO NORMAL	17435,33	-3794	-67585,52
SISMO SUPER-ESTRUTURA	-375,37		+1306,29
		-375,37	-6126,04
SISMO ENROCAMENTO	-84,32		-496,64
		-84,32	-1522,82
MASSA D'ÁGUA		-189,20	-1555,54
INFRA-ESTRUTURA	-671,1		0,00
		-671,1	-4026,6
	16304,54	5113,99	-80006,87

$$\sigma_A = \frac{16304,54}{508,38} + \frac{80006,87}{40091,90} \cdot 15,58 = 63,16$$

$$\sigma_B = \frac{16304,54}{508,38} - \frac{80006,87}{40091,90} \cdot 14,98 = 2,18$$

4.3.3 ESCORREGAMENTO

$$H_A = \frac{16304,54}{1,5} \cdot \tan 40^\circ = 9120,76 \gg 5113,99$$

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
Cliente: FUNDATE \_\_\_\_\_  
Objeto: ESTAB - PREDIM \_\_\_\_\_

---

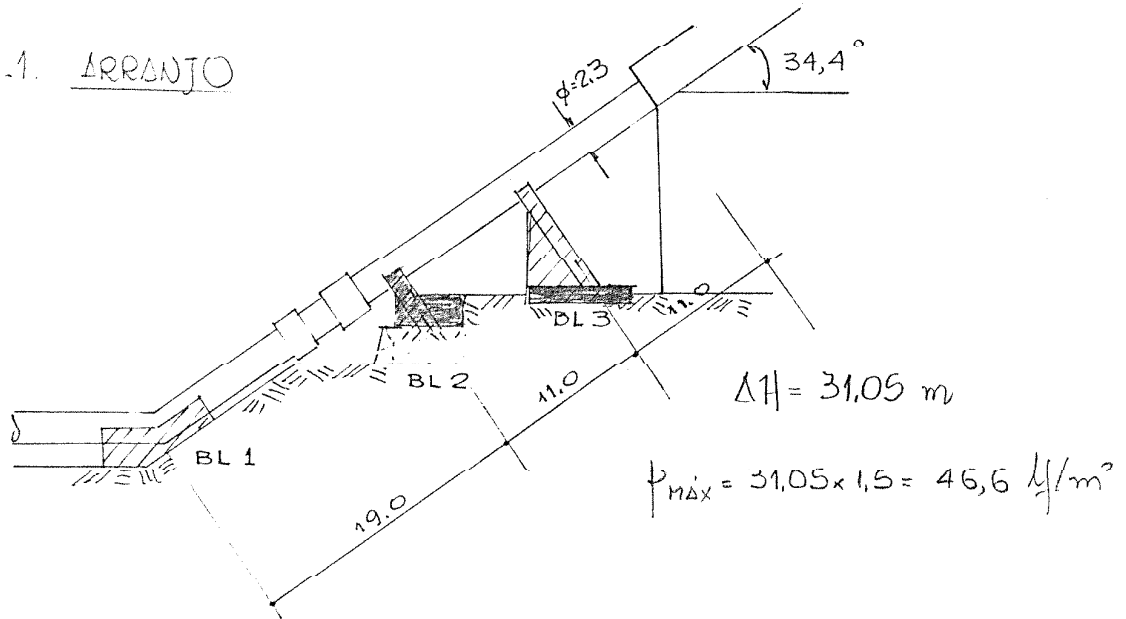
IV - BLOCOS DE ANCORAGEM E APOIO  
DAS ADUTORAS.

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_

Cliente: FUNDATE Objeto: ESTAB- PREDIM

1. EBI- 1

1.1. ARRANJO



CONSIDERAÇÕES:

- ADMITE-SE A EXISTÊNCIA DE UMA JUNTA DE DILATAÇÃO NA ADUTORA.
- O VALOR DO COEFICIENTE DE ATRITO AÇO X AÇO, EMBORA POSSA SER MINIMIZADO, SERÁ ADOPTADO NESTE PROJETO COMO  $\mu = 0,15$ .
- TOMA-SE PARA O PESO PRÓPRIO DO TUBO  $P_p = 0,3 \text{ tf/m}$
- ATRITO CONCRETO X ROCHA  $\phi = 40^\circ$

Projeto: TRANSPOSIÇÃO  
 Cliente: FUNDATE  
 Objeto: ESTAB - PREDIM

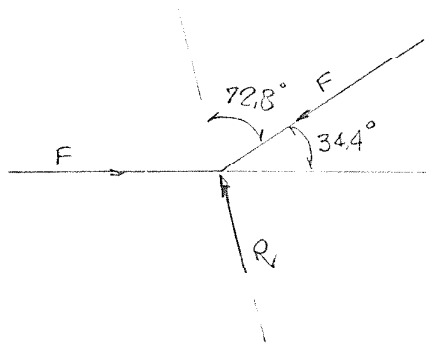
1.2 BLOCO BL 1

1.2.1. ESFORÇOS

UNID. (t, m)

1.2.1.1 PRESSÃO D'ÁGUA

$p_a = 46,6$        $F = \frac{\pi \times 2,3^2}{4} \times 46,6 = 193,6$

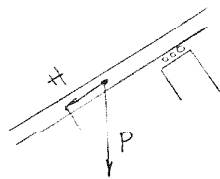


$R = 2 F \cos 72,8^\circ = 114,5$

1.2.1.2. PESO DO DUTO

(IGNORA-SE FORÇA DE ATRITO AGENTE NOS BLOCOS SUPERIORES).

$l = 41 \text{ m (comprim. duto)}$



$P = 41 \times 0,3 = 12,3$

$H = P \sin 34,4^\circ = 7$

1.2.2. TENSÕES NO APÓIO

$\sigma = \frac{114,5}{4 \times 2,3} = 12,5 \text{ t/m}^2$

O DUTO PODE SER APOIADO DIRETAMENTE NO ATERRO COMPACTADO.



Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUXATE  
 Objeto: ESTAB - PREDIM

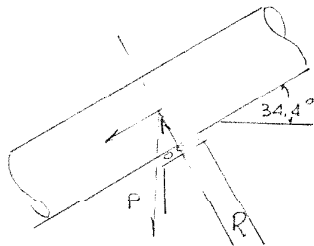
1.3. BLOCO BL2

1.3-1 ESFORÇOS UNID (tf, m)

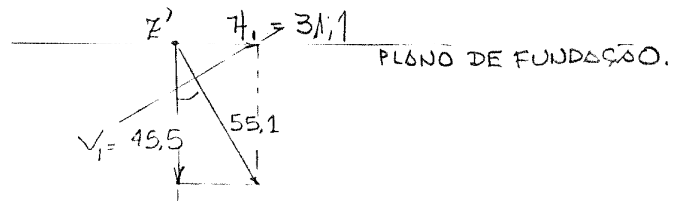
1.3.1.1. PESO DO DUTO

comprimento do duto = 15 m.

PESO próprio = 4,5  
 PESO D'ÁGUA =  $\frac{\pi \times 2,3^2}{4} \times 15 \times 1,0 = \frac{62,3}{66,8}$



$R = P \cos 34,4 = 66,8 \times \cos 34,4 = 55,1$

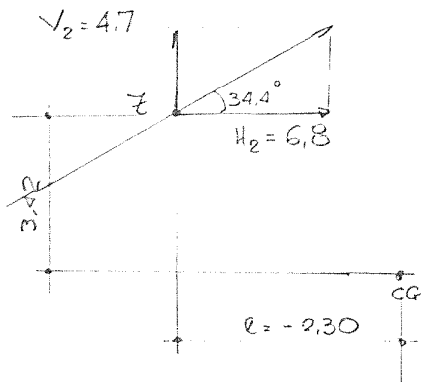
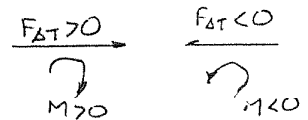


$e = 1,85 - 1,75 = 0,10$

$M_e = 0,10 \times 45,5 = 4,6$

1.3.1.2. FORÇA DEVIDA AO ATRITO

$F_{AT} = \pm \mu \cdot R = 0,15 \times 55,1 = \pm 8,3$



TOMBAMENTO HORÁRIO

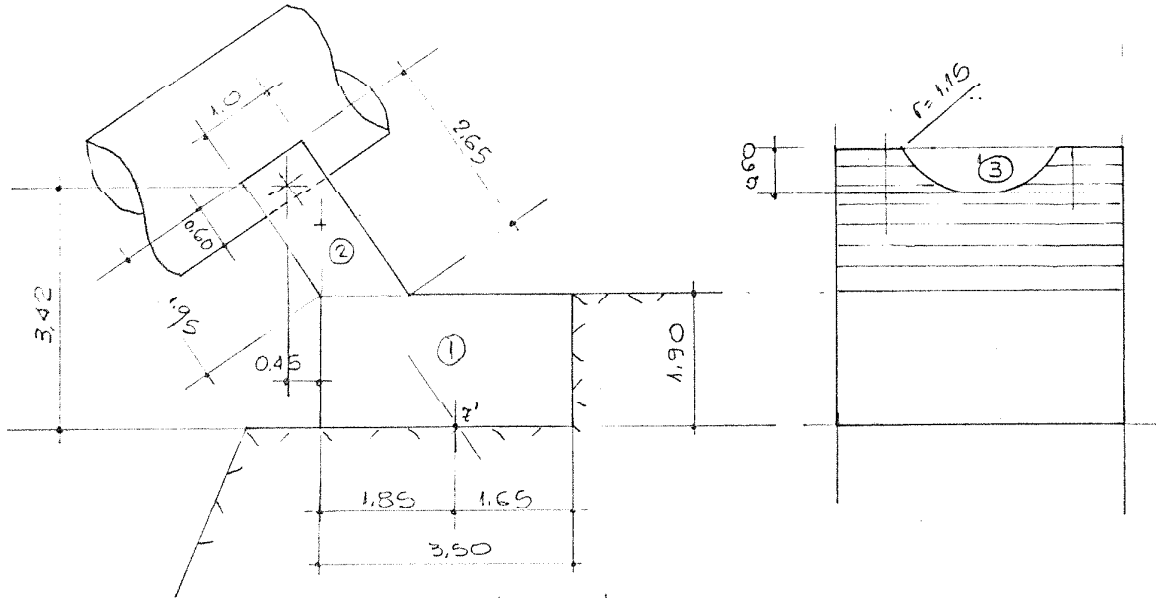
$V_2 = -4,7$   
 $H_2 = 6,8$   
 $M_{CG} = 6,8 \times 3,12 + 4,7 \times 2,30 = 31,0$

TOMBAMENTO ANTI HORÁRIO

$V_2 = 4,7$   
 $H_2 = -6,8$   
 $M_{CG} = -6,8 \times 3,42 - 4,7 \times 2,30 = -34,0$

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNCATE \_\_\_\_\_  
 Objeto: ESTAB- PREDIM. \_\_\_\_\_

1.3.1.3. PESO DO BLOCO



ITEM	PESO	$z$	MOMENTO	
1	$3,5 \times 4,0 \times 1,9 \times 2,4 =$	63,8	1,75	111,6
2	$1,0 \times 4,0 \times 2,3 \times 2,4 =$	22,1	0,00	0,0
3	$- 0,86 \times 2,4 =$	2,1	-0,50	1,0
	83,8	$1,34^4$	112,6	

$$e = 1,34^4 - 1,75 = -0,40^6$$

$$M_e = -0,40^6 \times 83,8 = -34,0$$

Projeto: TRANSPOSIÇÃO

Código: \_\_\_\_\_

Cliente: FUNCATE

Objeto: ESTAB - PREDIM

### 1.3.2 ESTABILIDADE

#### 1.3.2.1. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DA BASE

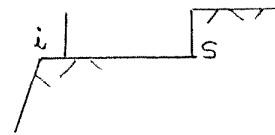
$$S = 3,5 \times 4,0 = 14,0$$

$$W = \frac{3,5^2}{6} \times 4,0 = 8,17$$

#### 1.3.2.2. CASO I - TOMBAMENTO ANTI-HORÁRIO

##### 1.3.2.2.1 RESULTANTE

ITEM	ESFORÇOS		MOMENTO
	VERT	HORIZ	
PESO BLOCO	83,8		-34,0
PESO DUTO	66,8	31,1	4,6
ÁTICO	4,7	-6,8	-34,0
	155,3	24,3	-63,4



##### 1.3.2.2.2 TENSÕES

$$\sigma_i = \frac{155,3}{14} + \frac{63,4}{8,17} = 18,85$$

$$\sigma_s = 11,09 - 7,76 = 3,33$$

#### 1.3.2.3. CASO II - TOMBAMENTO HORÁRIO

##### 1.3.2.3.1 RESULTANTE

$$V = 83,8 + 66,8 - 4,7 = 145,9$$

$$H = 31,1 + 6,8 = 37,9$$

$$M = -34,0 + 4,6 + 34,0 = 4,6$$

##### 1.3.2.3.2 TENSÕES

$$\sigma = \frac{145,9}{14,0} \pm \frac{4,6}{8,17} = 10,42 \pm 0,56$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_i = 9,86 \\ \sigma_s = 10,98 \end{array} \right.$$

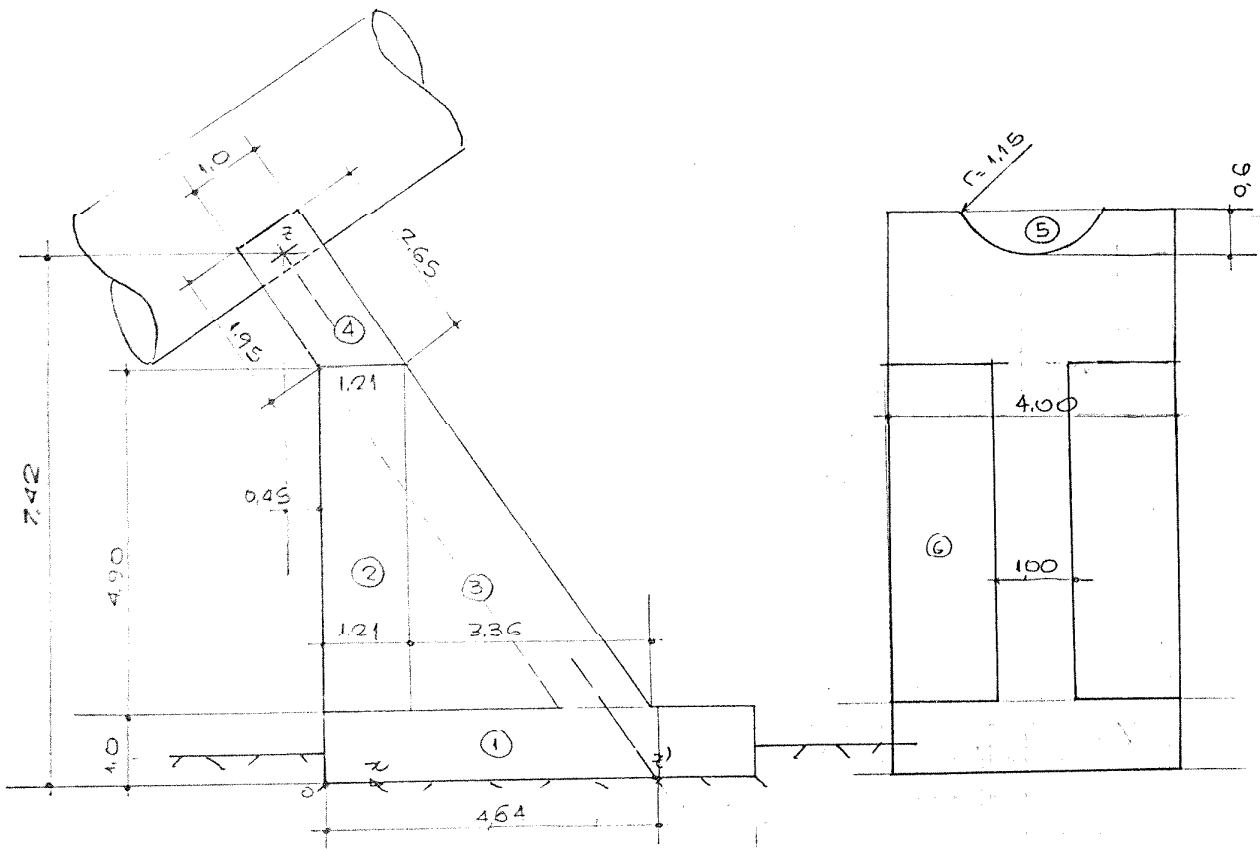
##### 1.3.2.3.3 ESCORREGAMENTO

$$H_{RES} = 145,9 \times \frac{1,40}{1,5} = 81,6 > 37,9 \text{ OK!}$$

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNDATE \_\_\_\_\_  
 Objeto: ESTAB- PREDIM \_\_\_\_\_

1.4. BLOCO BL 3

1.4.1. GEOMETRIA



1.4.2. ESTORÇOS

1.4.2.1. PESO DO BLOCO

ITEM	ESTORÇO	$x$	MOMENTO
1	$4,64 \times 4,0 \times 1,0 \times 2,4 = 44,5$	2,34	104,1
2	$1,21 \times 4,0 \times 4,9 \times 2,4 = 56,9$	9,60 <sup>s</sup>	34,4
3	$\frac{1}{2} \times 3,36 \times 4,0 \times 4,9 \times 2,4 = 79,0$	2,33	184,1
4	$1,0 \times 4,0 \times 2,3 \times 2,4 = 22,1$	0,00	0,0
5	$-0,36 \times 2,4 = -2,1$	-0,50	1,1
6	$-\frac{1}{2} \times 3,36 \times 4,0 \times 4,9 \times 2,4 = -79,0$	1,12	-88,5
	121,4	1,93 <sup>7</sup>	235,2

$$c = 1,93^7 - 2,34 = -0,40^3$$

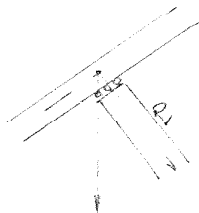
$$M_e = -0,40^3 \times 121,4 = -48,9$$

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNDATE  
 Objeto: ESTAB - PREDIM

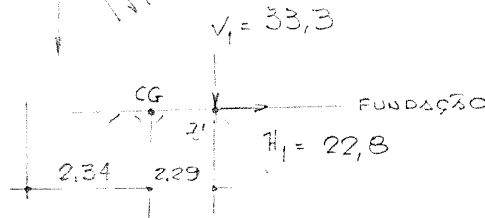
1.4.2.2. PESO DO DUTO

$l = 11 \text{ m}$

PESO PRÓPRIO  $11 \times 0,3 = 3,3$   
 PESO D'ÁGUA  $\frac{\pi \times 0,3^2 \times 10 \times 11}{4} = 45,7$   
 49,0



$R = 49 \cos 34,4^\circ = 40,4$



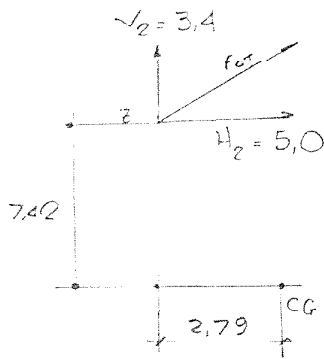
$V_1 = 33,3$   
 $H_1 = 22,8$

$M_e = 33,3 \times 2,29 = 76,3$

1.4.2.3. FORÇA DE ATRITO

$F_{at} = \pm 0,15 \times 40,4 = \pm 6,1$

$F_{at} > 0$   
 $M > 0$



TOMBAMENTO HORÁRIO

$V_2 = -3,4$   
 $H_2 = 5,0$

$M_{CG} = -3,4(2,79) + 5,0 \times 7,42 = 46,6$

TOMBAMENTO ANTI-HORÁRIO

$V_2 = 3,4$   
 $H_2 = -5,0$

$M_{CG} = 3,4(-2,79) - 5,0 \times 7,42 = -46,6$

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNCEAT  
 Objeto: ESTAB- PREDIM

### 1.4.3. ESTABILIDADE

#### 1.4.3.1. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DA BASE

$$S = 4,64 \times 4,0 = 18,56$$

$$W = \frac{4,64^2}{6} \cdot 4,0 = 14,35$$

#### 1.4.3.2. CASO I TOMBAMENTO ANTI-HORÁRIO

##### 1.4.3.2.1. RESULTANTE

ITEM	ESFORÇOS		MOMENTO
	VERT	HORIZ	
PESO BLOCO	121,4		-48,9
PESO DUTO	33,3	22,8	76,3
ATRITO	3,4	-5,0	-46,6
	158,1	17,8	-19,2

$$\sigma = \frac{158,1}{18,56} \pm \frac{19,2}{14,35} = 8,52 \pm 1,34$$

$$\sigma_{MAX} = 9,86$$

$$\sigma_{MIN} = 7,18$$

OK!

#### 1.4.3.3. CASO II - TOMBAMENTO HORÁRIO

##### 1.4.3.3.1. RESULTANTE

ITEM	ESFORÇOS		MOMENTO
	VERT	HORIZ	
PESO BLOCO	121,4		-48,9
PESO DUTO	33,3	22,8	76,3
ATRITO	-3,4	5,0	+46,6
	151,3	27,8	74,0

$$\sigma = \frac{151,3}{18,56} \pm \frac{74,0}{14,35} = 8,15 \pm 5,16$$

$$\sigma_{MAX} = 13,31$$

$$\sigma_{MIN} = 2,99$$

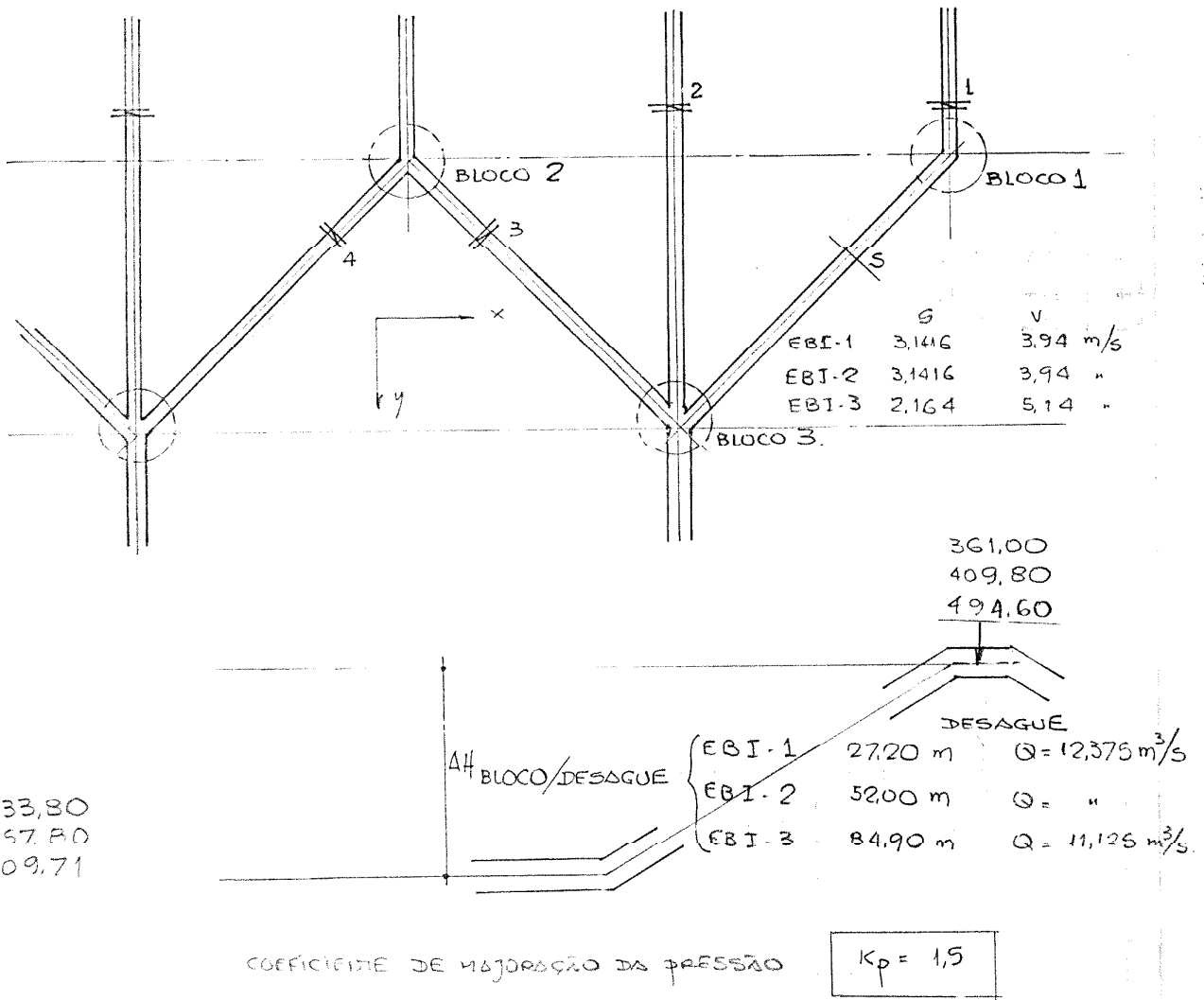
OK!

ESCORREGAMENTO:  $H_{RES} = \frac{151,3 \cdot 74,0}{1,5} = 84,6 \gg 27,8$  OK!

Projeto: TRANSPOSIÇÃO  
 Cliente: FUUCATE  
 Objeto: ESTAB - PREDIM

## 2. EBI-2

### 2.1 BLOCOS PARA TUBULAÇÕES DE SAÍDA



DESPROJEITO A PARTIR DE ESPORÇO DEVIDA A VELOCIDADE.

Projeto: TRANSPOSIÇÃO

Código: \_\_\_\_\_

Cliente: FUNDATE

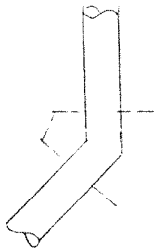
Objeto: ESTAB - PREDIM

2.1.1 BLOCO 1

$$F = \frac{\pi \times 20^2}{4} p$$

$$p = 52,1,5 = 78,0 \text{ kgf/cm}^2$$

$$F = 245 \text{ kgf}$$

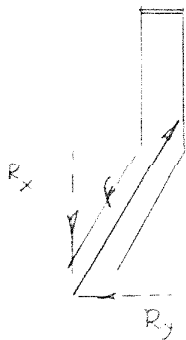


1º CASO - VALVULA 1 FECHADA

$$R = F = S.p = 245 \text{ kgf}$$

$$R_x = R_y = F \cos 45 = 173,2 \text{ kgf}$$

$$A_{S_x} = \frac{162}{1,5} = 108 \text{ cm}^2 \quad 22\phi 25.$$



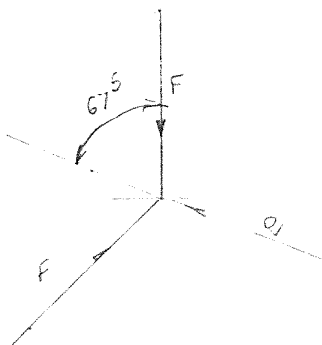
2º CASO

VALVULAS ABERTAS.

$$R_x = 2F \sin 22,5 = 187,5$$

$$R_y = 245 \text{ kgf}$$

$$R_z = F \cos 45 = 173 \text{ kgf}$$





Projeto: TRANSPOSIÇÃO

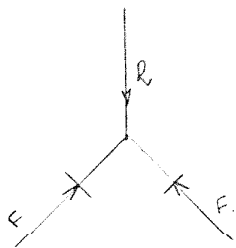
Código: \_\_\_\_\_

Cliente: FUNDATE

Objeto: ESTAB. PREDIM

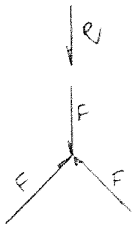
2.1.2 BLOCO 2

1º CASO - VALVULAS FECHADAS



$$R_y = 2F \cos 45^\circ = 346 \text{ tf.}$$

2º CASO - VALVULAS ABERTAS



$$R_y = 2F \cos 45^\circ - F = 346 - 245 = 101 \text{ tf.}$$

3º CASO - 1 VALVULA FECHADA

RECORRE-SE NO 1º CASO DO BLOCO 1

$$R_x = R_y = 173 \text{ tf.}$$

Projeto: TRANSPOS. Código: \_\_\_\_\_

Cliente: FUNCATE \_\_\_\_\_

Objeto: ESTAB - PREDIM \_\_\_\_\_

2.1.3 BLOCO 3

1º CASO - VÁLVULAS FECHADAS

É POSSÍVEL TER O TUBO ADUTOR CHEIO D'ÁGUA QDO OCORRER ONDAS NA SUPERFÍCIE DO RESERVATÓRIO.

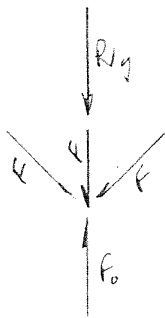
PRESSÃO HIDROSTÁTICA 52 m.c.a

$$F = \frac{\pi \times 3,0^2}{4} \times 52 = 368 \text{ tf.}$$

$$R = F' = 368 \text{ tf.}$$



2º CASO - VÁLVULAS ABERTAS



$$F_0 = 368 \times 1,5 = 552 \text{ tf.}$$

$$F = 249$$

$$R_{y} = F_0 - F - 2F \cos 45 = -40 \text{ tf.}$$

3º CASO

VÁLVULAS 1 e 3 FECHADAS

$$R_{y} = F_0 - F = 307 \text{ tf.}$$

Projeto: TRANSPOSIÇÃO

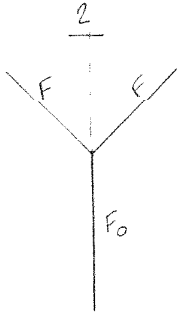
Código: \_\_\_\_\_

Cliente: FUNCATE

Objeto: ESTAB - PREDIM

4º CASO

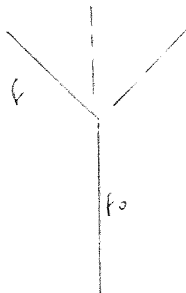
VÁLVULA 2 FECHADA



$$R_y = F_0 - 2F \cos 45^\circ = 206 \text{ kg}$$

5º CASO

VÁLVULAS 2 e 3 OU 2 e 5 FECHADAS

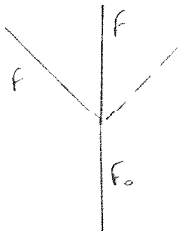


$$R_y = F_0 - F \cos 45^\circ = 379 \text{ kg}$$

$$R_x = F \cos 45^\circ = 173 \text{ kg}$$

6º CASO

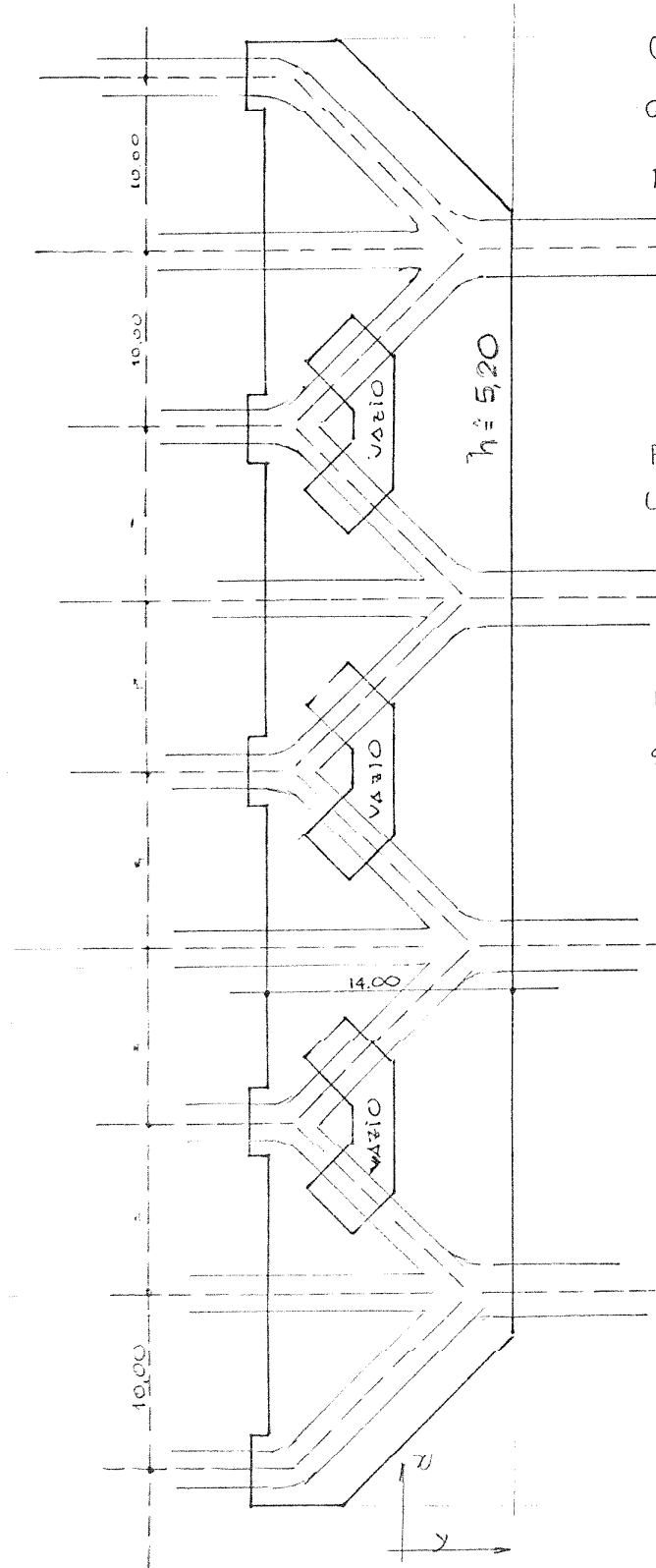
VÁLVULA 3, OU VÁLVULA 5, FECHADA



$$R_y = F_0 - F - F \cos 45^\circ = 134 \text{ kg}$$

$$R_x = F \cos 45^\circ = 173 \text{ kg}$$

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNCATE \_\_\_\_\_  
 Objeto: ESTAB - PREDIM \_\_\_\_\_



COMO OS ESFORÇOS SÃO BASTANTE GRANDES PARA SEREM RESISTIDOS POR UM BLOCO ISOLADO, ADOTA-SE UM BLOCO ÚNICO ENVOLTÓRIO DE TODOS OS DESVIOS E ENCONTROS DAS TUBULAÇÕES.

PESO DO BLOCO CORRESPONDENTE A UMA TOMADA

$$(10 \times 14 - 4 \times 12) 5,2 \times 2,4 = 1148 \text{ kg}$$

$$M_e = \frac{1148 \times 1,40}{1,5} = 642 \gg F_y$$

$$H = 379 \quad \delta = 2,20 \quad M_z = 834$$

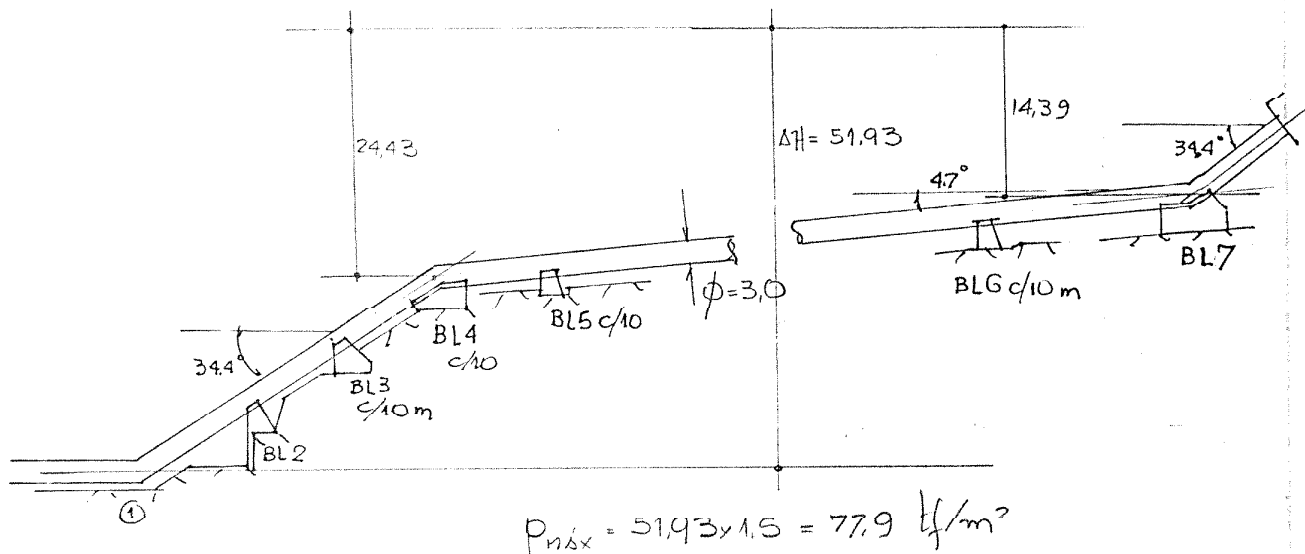
$$S = 140 \quad W = 300$$

$$\sigma = \frac{1148}{140} \pm \frac{642}{300} = 8,2 \pm 2,1$$

NÃO HÁ NECESSIDADE DE VERIFICAR A ESTABILIDADE DESSE BLOCO COM MAIOR RIGOR.

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNCATE \_\_\_\_\_  
 Objeto: ESTAB- PREDIM \_\_\_\_\_

2.2 - BLOCOS DE APOIO DAS ADUTORAS



CONSIDERAÇÕES

- ADMITE-SE EXISTÊNCIA DE JUNTAS DE DILATAÇÃO NA ADUTORAS.
- O VALOR DO COEFICIENTE DE ATRITO AÇO X AÇO, EMBORA POSSA SER MINIMIZADO, SERÁ ADOTADO NESSE PROJETO COMO  $\mu = 0,15$ .
- TOMA SE PARA PESO PRÓPRIO DO TUBO  $P_p = 0,6 \text{ kg/m}$
- ÂNGULO DE ATRITO CONCRETO X ROCHA  $\phi = 40^\circ$

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNDATE  
 Objeto: ESTAB - PREDIM

2.2.1 APOIO ①

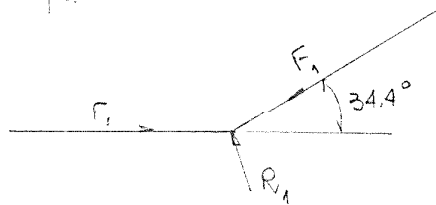
ESFORÇOS

unid (tf, m)

2.2.1.1 PRESSÃO D'ÁGUA

$p_a = 77,9$

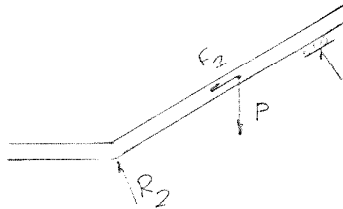
$F_1 = \frac{\pi \times 3,0^2}{4} \times 77,9 = 550,6$



$R_1 = 2 F_1 \cos 72,8^\circ = 325,6$

2.2.1.2 PESO DO DUTO INCLINADO 34,4°

$l = 50$



$P = 50 \times 0,6 = 30$

$F_2 = 30 \sin 34,4 = 17,0$

$R_2 = 2 F_2 \cos 72,8 = 10,0$

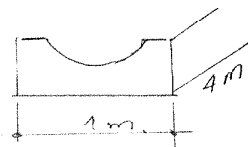
2.2.1.3 PESO DO DUTO COM ÁGUA

$P = 0,6 + \frac{\pi \times 3,0^2}{4} \times 1,0 = 7,7 \text{ tf/m}$

2.2.1.4 DIMENSIONAMENTO DO APOIO

TENSÃO NO APOIO  $\sigma_N = \frac{325,6 + 10}{3,0 \times 6,0} + \frac{7,7}{3,0 \times 1,0} = 21,2$

ADOPTA-SE FERRO DE CONCRETO MAGRO

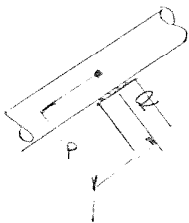


Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNDATE \_\_\_\_\_  
 Objeto: ESTAR - PREDIM \_\_\_\_\_

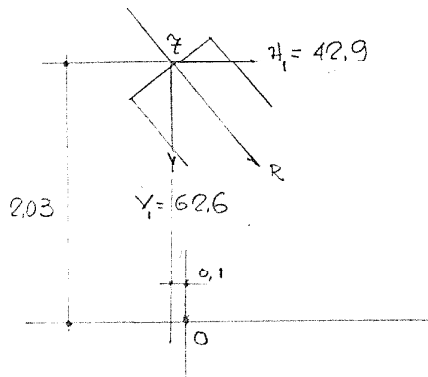
2.2.2.2. PESO DO DUTO

COMPRIMENTO  $l \leq 12 \text{ m}$

PESO PRÓPRIO  $12,0 \times 0,6 = 7,2$   
 PESO D'ÁGUA  $\frac{\pi \times 0,1^2}{4} \times 10 \times 12 = 84,8$   
 $P = 92,0$



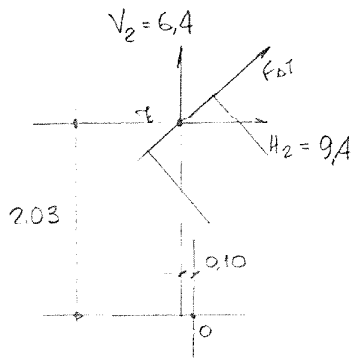
$R_1 = P \cos 34,4 = 75,9$



2.2.2.2.3 FORÇA DE ATRITO

$F_{AT} = \pm \mu R_1 = \pm 0,15 \times 75,9 = \pm 11,4$

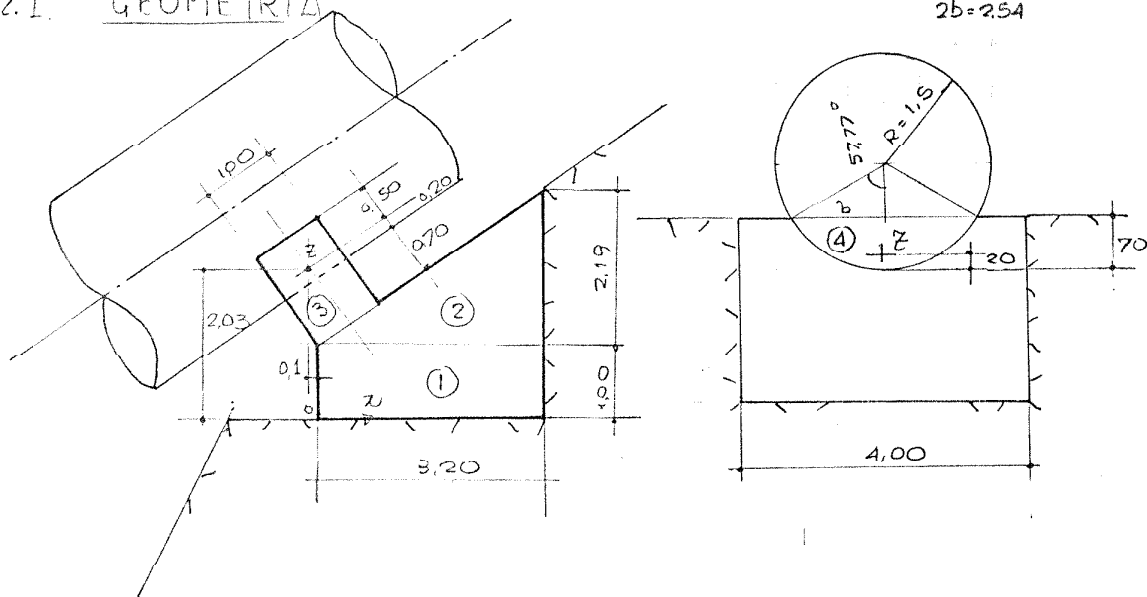
$F_{AT} > 0$   
 $M > 0$



Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNCATE \_\_\_\_\_  
 Objeto: ESTAB - PREDIM \_\_\_\_\_

2.2.2 BLOCO 2

2.2.2.1 GEOMETRIA



2.2.2.2 ESFORÇOS

2.2.2.2.1 PESO DO BLOCO

ITEM	PESO	$x$	MOMENTO
1	$3,20 \times 4,0 \times 1,0 \times 2,4 = 30,7$	1,60	49,1
2	$\frac{1}{2} \times 3,2 \times 4,0 \times 2,19 \times 2,4 = 33,6$	2,13	71,6
3	$1,0 \times 4,0 \times 1,40 \times 2,4 = 13,4$	0,02	0,3
4	- 3,0	- 0,14	0,4
	74,7	$1,62^S$	121,4

$$e = 1,62^S - 1,60 = 0,02^S$$

$$M_e = 1,9$$



Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNDATE  
 Objeto: ESTAB- PREDIM

2.2.2.3. ESTABILIDADE

2.2.2.3.1. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DA BASC

$$S = 3,2 \times 4,0 = 12,8 \text{ m}^2$$

$$W = 4 \times \frac{3,2^2}{6} = 6,83 \text{ m}^3$$

2.2.2.3.2. CASO I - TOMBAMENTO ANTI HORÁRIO

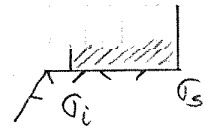
2.2.2.3.2.1. RESULTANTE

ITEM	ESTORÇOS		MOMENTO
	VERT.	HORIZ.	
PESO BLOCO	74,7		1,9
PESO DUTO	62,6		$62,6 (-0,1 - 1,60) = -106,4$
		42,9	$42,9 \times 2,03 = 87,1$
ATRIÇÃO	6,4		$6,4 (-0,1 - 1,60) = -10,3$
		-9,4	$-9,4 \times 2,03 = -19,1$
$\Sigma$	143,7	33,5	-46,8

2.2.2.3.2.2. TENSÕES VERTICAIS

$$\sigma_s = \frac{143,7}{12,8} - \frac{46,8}{6,83} = 1,4 > 0$$

$$\sigma_i = 11,23 + 6,85 = 18,1$$



2.2.2.3.2.3. ESCORREGAMENTO

$$H_{RES} = 143,7 \times \frac{0,40}{1,5} = 80,4 > 35,5$$

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNDATE Objeto: ESTAB. PREDIM

2.2.2.3.3. CASO II - TOMBAMENTO HORÁRIO

2.2.2.3.3.1 RESULTANTE

ITEM	ESFORÇOS		MOMENTO
	VERT.	HORIZ	
PESO BLOCO	74,7		1,9
PESO DUTO	52,6		-106,4
		42,9	87,1
ATRITO	-6,4		10,3
		9,4	19,1
	130,9	52,3	12,0

$$\sigma_s = \frac{130,9}{12,8} + \frac{12,0}{6,83} = 11,98$$

$$\sigma_i = 10,22 - 1,76 = 8,46 > 0$$

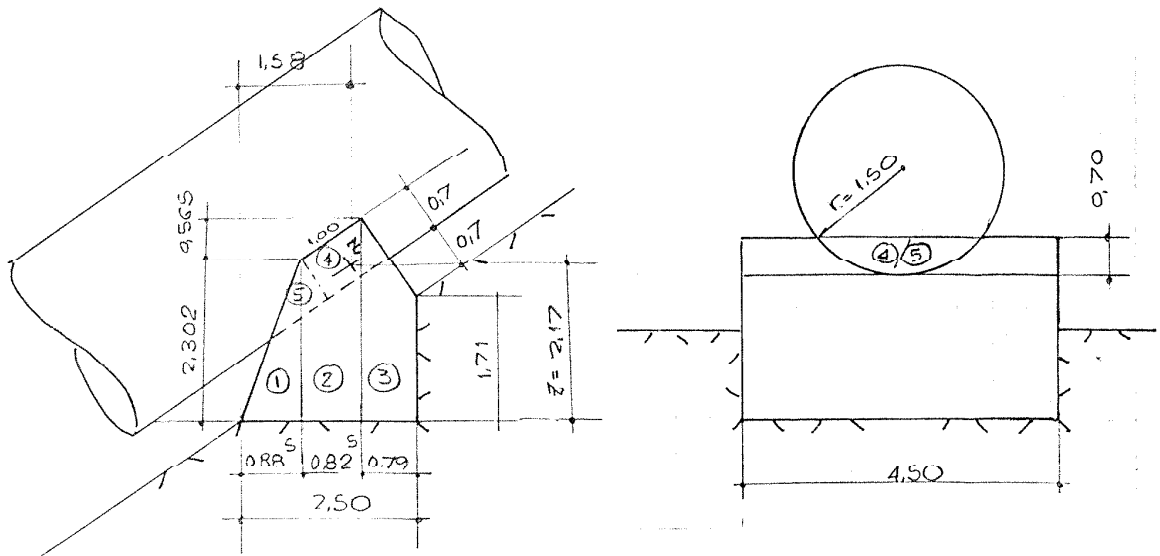
2.2.2.3.3.2 ESCORREGAMENTO

$$H_{RES} = 130,9 \times \frac{1,040}{1,5} = 73,2 > 52,3 \quad OK!$$

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNDATE  
 Objeto: ESTAB - PREDIM

### 2.2.3 - BLOCO 3

#### 2.2.3-1. GEOMETRIA



#### 2.2.3.2. ESFORÇOS

##### 2.2.3.2.1. PESO DO BLOCO

ITEM	PESO	$x$	MOMENTO
1	$\frac{1}{2} \times 0,88^5 \times 2,302 \times 4,5 \times 2,4 = 11,0$	0,59	6,5
2	$0,82^5 \times 2,58^4 \times 4,5 \times 2,4 = 23,0$	$1,31^3$	30,2
3	$0,79 \times 2,28^8 \times 4,5 \times 2,4 = 14,5$	$2,07^2$	40,4
4	$- 1,25^3 \times 2,4 = - 3,0$	$1,46^5$	- 4,4
5	$- 0,625 \times 2,4 = - 1,5$	0,885	- 1,3
	49,0	$1,45^7$	71,4

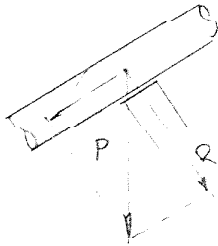
$$e = 1,45^7 - 1,25 = +0,207$$

$$M_e = 0,207 \times 49,0 = 10,1$$

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNCATE \_\_\_\_\_  
 Objeto: ESTAB - PREDIM \_\_\_\_\_

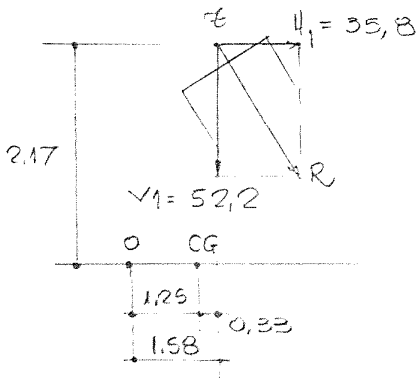
2.2.3.2. PESO DO DUTO

$l = 10 \text{ m}$



PESO próprio  $10,0 \times 0,6 = 6,0$   
 PESO D'ÁGUA  $\frac{\pi \times 3,0^2}{4} \times 10 \times 1,0 = \frac{70,7}{76,7}$

$R = P \cdot \cos 34,4 = 6,0 \times \cos 34,4 = 3,9$



$M_{CG} = 35,8 \times 2,17 + 52,2(1,58 - 1,25) = 94,9$

$H_1 = 35,8$

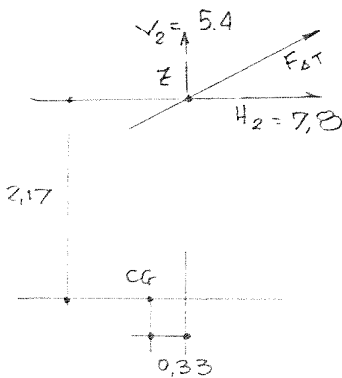
$V_1 = 52,2$

2.2.3.2.3 FORÇA DE ATRITO

$F_{AT} = \pm \mu \cdot R = \pm 0,15 \times 63,3 = \pm 9,5$

$F_{AT} > 0$

$M > 0$



TOMBAMENTO HORÁRIO

$H_2 = 7,8$

$V_2 = -5,4$

$M_{CG} = 7,8 \times 2,17 - 5,4 \times 0,33 = 15,1$

TOMBAMENTO ANTIHORÁRIO

$H_2 = -7,8$

$V_2 = 5,4$

$M_{CG} = -7,8 \times 2,17 + 5,4 \times 0,33 = -15,1$

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNDATE  
 Objeto: ESTAB - PREDIM

2.2.3.3. ESTABILIDADE

2.2.3.3.1. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DA BASE

$$S = 2,5 \times 4,5 = 11,25$$

$$W = 4,5 \times \frac{2,5^2}{6} = 4,69$$

2.2.3.3.2. CASO I - TOMBAMENTO ANTI-HORÁRIO

2.2.3.3.2.1. RESULTANTE

ITEM	ESFORÇO		MOMENTO
	VERT.	HORIZ	
PESO BLOCO	49,0		10,1
PESO DUTO	52,7	35,8	94,9
ATRIÇÃO	5,4	- 7,8	- 15,1
	106,6	28,0	89,9

2.2.3.3.3. CASO II - TOMBAMENTO HORÁRIO

2.2.3.3.3.1. RESULTANTE

ITEM	ESFORÇO		MOMENTO
	VERT.	HORIZ	
PESO BLOCO	49		10,1
PESO DUTO	52,2	35,8	94,9
ATRIÇÃO	- 5,4	7,8	15,1
	95,8	43,6	120,1

ANALISA-SE O 2º CASO POR SER MAIS DESFAVORÁVEL.

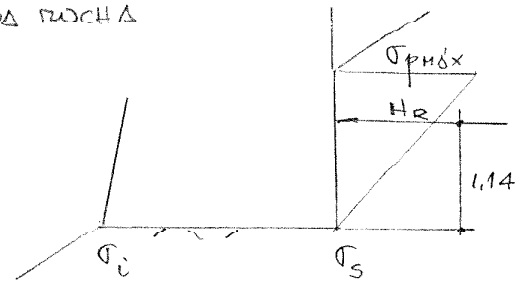
Projeto: TRANSPOSIÇÃO ..... Código: .....  
 Cliente: FUNDATE .....  
 Objeto: ESTAB-PREDIM .....

O MACIÇO DE ROCHA À DIREITA IMPEDIRIA O TOMBAMENTO DO BLOCO, GARANTINDO A SUA ESTABILIDADE.

FAZENDO-SE  $\sigma_i = 0$ , DETERMINA-SE A CORRESPONDENTE TENSÃO MÁXIMA  $\sigma_{p\text{máx}}$  AGENTE NO PAREDEDO DA ROCHA

$$0 = \frac{95,8}{11,25} - \frac{120,1 - H_e \times 1,14}{4,69}$$

$$H_e = 70,32$$



$$\sigma_{p\text{máx}} = \frac{70,32}{4,5} \times \frac{2}{1,71} = 18,28 \quad (1,9 \text{ kgf/cm}^2) \text{ OK!}$$

$$\sigma_{s\text{máx}} = 2 \times \frac{95,8}{11,25} = 1,03 \quad (1,7 \text{ kgf/cm}^2) \text{ OK!}$$

A ESTABILIDADE DO BLOCO É SATISFATORIA

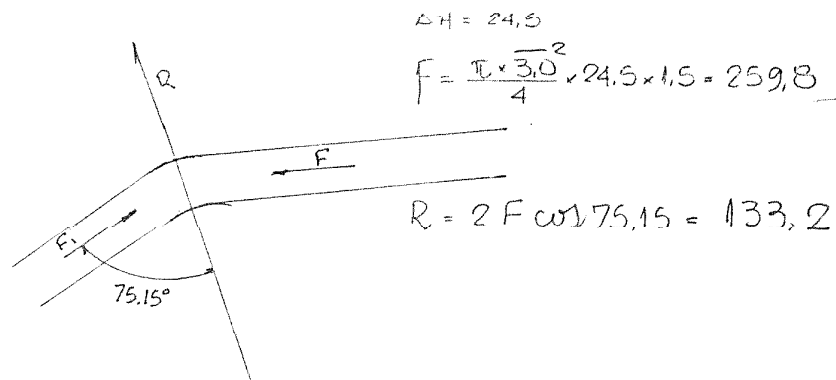
Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNDATE  
 Objeto: ESTAB - PREDIM

2.2.4. BLOCO BL 4

2.2.4.1 ESFORÇOS

unid. (tf, m)

2.2.4.1.1 PRESSÃO D'ÁGUA



2.2.4.1.2 PESO DO DUTO

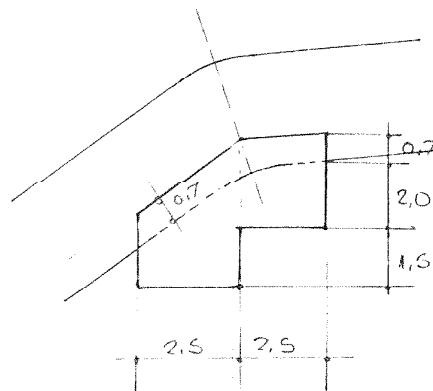
$$P = 10 \times 0,6 + \frac{\pi \times 3,0^2}{4} \times 10 \times 1,0 = 76,6$$

2.2.4.1.3 PESO DO BLOCO

$$\text{PESO DO BLOCO} = 1,2 (133,2 - 76,6) = 68,0$$

ADOTANDO SE BASE 5,5, DECORRE ALTURA =  $\frac{68,0}{2,4 \times 25} = 1,11$

ADOTA-SE 2 m ABAIXO DA GEOMETRIA INFERIOR DO DUTO



LARGURA DO BLOCO = 5,0

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNCETE  
 Objeto: ESTAB. PREDIM

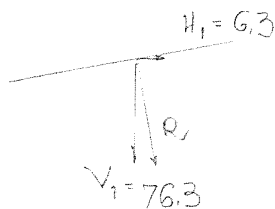
## 2.2.5 - BLOCO BL5/BL6

### 2.2.5-1 ESTORÇOS

#### 2.2.5.1.1 PESO DO DUTO

$l = 10$

PESO PRÓPRIO	$10 \times 0,6$	$= 6,0$
PESO D'ÁGUA	$\frac{\pi \times 3,0^3}{4} \times 10 \times 10$	$= 70,7$
		<u>76,7</u>



$R = 76,7 \cos 4,7^\circ = 76,5$

$H_1 = R \sin 4,7^\circ = 6,3 \quad z = 3,2$

$V_1 = R \cos 4,7^\circ = 76,3 \quad e = 1,10 - 1,25 = -0,15$

#### 2.2.5.1.2 FORÇA DE ATRITO

$F_{at} = \pm 0,15 \times R = 0,15 \times 76,5 = 11,5$



$H_2 = 11,5 \quad z = 3,2$

$V_2 = 1,0 \quad e = -0,15$

#### 2.2.5.1.3 PESO DO BLOCO

ITEM	PESO	z	MOMENTO
1	$\frac{1}{2} \times 0,6 \times 4,0 \times 3,7 \times 2,4 = 10,6$	0,40	4,2
2	$1,0 \times 4,0 \times 3,7 \times 2,4 = 35,5$	1,10	39,0
3	$\frac{1}{2} \times 0,9 \times 4,0 \times 3,7 \times 2,4 = 16,0$	1,90	30,4
4	$= -1,4$	1,10	- 1,5
	<u>60,7</u>	<u>1,18<sup>B</sup></u>	<u>72,1</u>

$e = 1,18^B - 1,25 = - 0,06^2$

$M_e = -0,06^2 \times 60,7 = - 3,76$



Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNDATE \_\_\_\_\_  
 Objeto: ESTAB - PREDIM \_\_\_\_\_

## 2.2.5.2. ESTABILIDADE

### 2.2.5.2.1 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DA BASE

$$S = 2,5 \times 4,0 = 10$$

$$W = 4 \times \frac{2,5^2}{6} = 4,17$$

### 2.2.5.2.2 CASO I - TOMBAMENTO HORÁRIO

#### 2.2.5.2.2.1 RESULTANTE

ITEM	ESFORÇO		MOMENTO
	VERT.	HORIZ	
PESO BLOCO	60,7		3,8
PESO DUTO	76,3		$-0,15 \times 76,3 = -11,4$
		6,3	$6,3 \times 3,2 = 20,6$
LITRO	-1,0		$-1,0(-0,15) = 0,2$
		11,5	$11,5 \times 3,2 = 36,8$
	136,0	17,8	50,0

$$\sigma = \frac{136}{10} \pm \frac{50,0}{4,17} = 13,6 \pm 12,0 \quad \begin{cases} \sigma_{\text{Máx}} = 25,6 \\ \sigma_{\text{Mín}} = 1,6 > 0 \end{cases}$$

#### 2.2.5.2.2.2 ESCORREGAMENTO

$$H_R = \frac{136 \times 20,40}{1,6} = 76,1 > 17,8 \quad \text{OK!}$$

### 2.2.5.2.3 CASO II - TOMBAMENTO ANTI-HORÁRIO

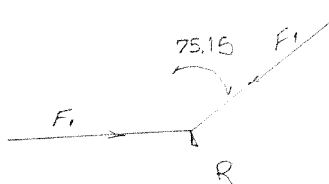
ESSE CASO É MAIS FAVORÁVEL.

Projeto: TRANSPOSIÇÃO ..... Código: .....  
 Cliente: FUNDATE .....  
 Objeto: ESTABIL- PREDIM .....

2.2.7 - BLOCO BL 7

2.2.7.1 ESFORÇOS unid (tf, m)

2.2.7.1.1 PRESSÃO D'ÁGUA



$$\Delta H = 14,39$$

$$P_{Máx} = 14,39 \times 1,5 = 21,6$$

$$F = \frac{\pi \times 3,0^2}{4} \times 21,6 = 152,7$$

$$R_v = 2 F_1 \cdot \cos 75,15 = 78,3$$

2.2.7.1.2 PESO DO DUTO  $l \approx 13 \text{ m}$

PESO PRÓPRIO	$13 \times 0,6 = 7,8$
PESO D'ÁGUA	$\frac{\pi \times 3,0^2}{4} \times 13 \times 1,0 = 91,9$
	99,7

2.2.7.1.3 EVENTUAL ESFORÇO DE ATRITO

$$F_{\Delta T} = 0,15 \times (78,3 + 99,7) = 26,7$$

2.2.7.1.4 PESO DO BLOCO

ADOPTA-SE PARA O BLOCO : BASE 5x4 (LARGURA) E 3,0 DE ALTURA ATÉ A CRESTA INFERIOR DO DUTO.

$$PESO \approx 5 \times 4 \times 3 \times 2,4 + \frac{1}{2} \times 1,71 \times 2,5 \times 4 = 153$$

2.2.7.1.5 TENSÃO NA FUNDAÇÃO

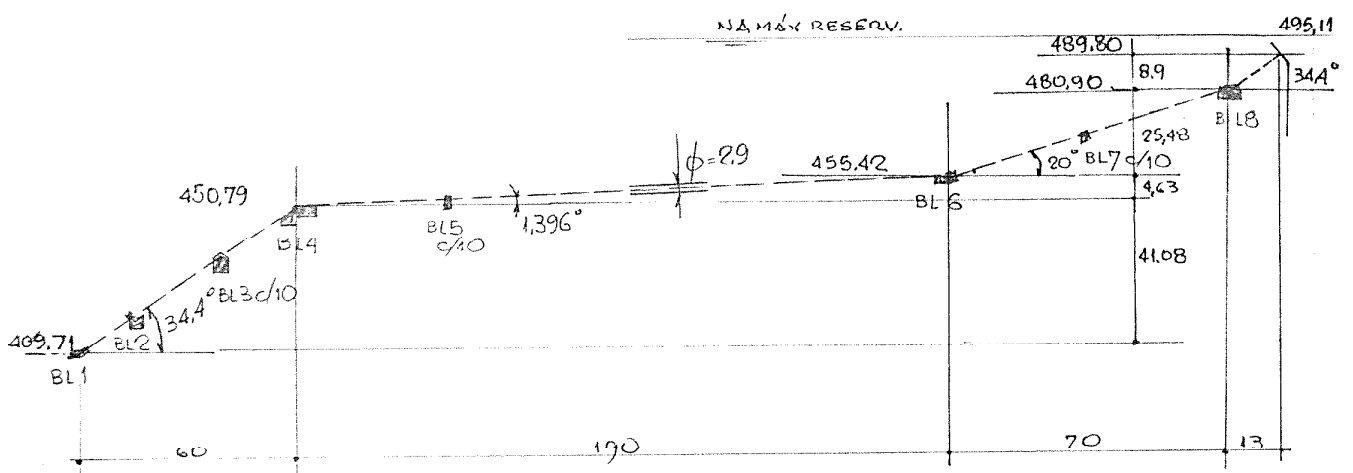
$$\sigma \approx \frac{78,3 + 99,7 + 153}{5 \times 4} = 16,6 \quad \text{or}$$

Projeto: TRANSPOSIÇÃO ..... Código: .....

Cliente: FUNDATE .....  
 Objeto: ESTAB. FREDIM .....

3- EBI-3

3.1- ARRANJO



$p_{máx} = 85,4 \times 1,5 = 128,1$

CONSIDERAÇÕES

- AS MESMAS DO SISTEMA EBI-2.
- ESTUDAM-SE OS BLOCOS BL4, BL6 e BL7. OS DEMAIS BLOCOS SÃO ADOPTADOS IGUAIS AOS DOS EBI-2.

Projeto: TRANSPOSIÇÃO

Código: \_\_\_\_\_

Cliente: FUNCTE

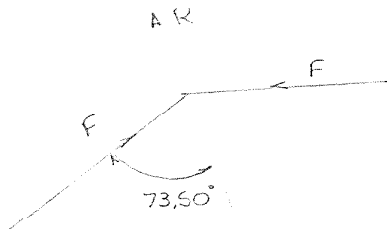
Objeto: ESTAB - PREDIM

3.2 - BLOCO BL 4

3.2.1 ESFORÇOS

unid (tf, cm)

3.2.1.1. PRESSION D'ÁGUA



$$\Delta H = 44,32 \quad p = 44,32 \times 1,5 = 66,48$$

$$F = \frac{\pi \times 2,9^2}{4} \times 66,48 = 439,1$$

$$R = 2F \cos 73,5 = 249,4$$

3.2.1.2. PESO DO DUTO

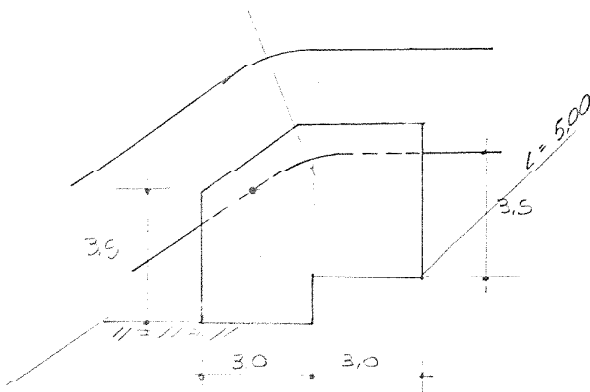
$$P = 10 \times 0,6 + \frac{\pi \times 2,9^2}{4} \times 10 \times 10 = 72,0$$

3.2.1.3. PESO DO BLOCO

$$\text{PESO DO BLOCO} = 1,2 (249,4 - 72) = 212,9$$

$$\text{ADOTANDO-SE BASE } 6 \times 3, \text{ DECORRE ALTURA} = \frac{212,9}{2,4 \times 30} = 3,0$$

ADOPTA-SE ALTURA = 3,5m ABALO DA GERATRIZ INFERIOR DO TUBO



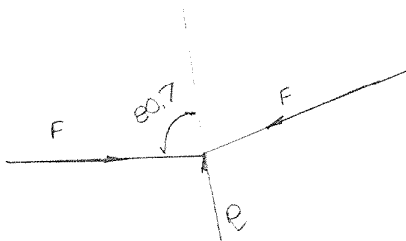
Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNCEATE  
 Objeto: ESTAB- PREDIM

### 3.3 - BLOCO BL6

#### 3.3.1 ESFORÇOS

unid (tf, m)

##### 3.3.1.1 PRESSÃO D'ÁGUA



$$\Delta H = 39,69$$

$$p_{\max} = 39,69 \times 1,5 = 59,5$$

$$F = \frac{\pi \times 29^2}{4} \times 59,5 = 393$$

$$R = 2F \cos 80,7 = 127$$

##### 3.3.1.2. PESO DO TUTO

$$l \approx 10$$

PESO PRÓPRIO  $10 \times 0,6 = 6,0$

PESO D'ÁGUA  $\frac{\pi \times 29^2}{4} \times 10 = 66,0$

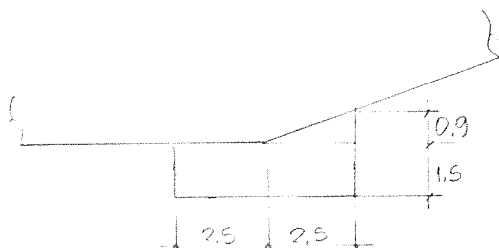
$$\underline{72,0}$$

##### 3.3.1.3. EVENTUAL ESFORÇO DE ATRITO

$$F_{\text{at}} = 0,15(127 + 72) = 29,9$$

##### 3.3.1.4. PESO DO BLOCO

ADOTA-SE PARA O BLOCO : BASE 5x4 (LARGURA) E 1,5 (MÍNIMO) DE ALTURA ATÉ A GERATRIZ INFERIOR DO TUBO.



PESO DO BLOCO =

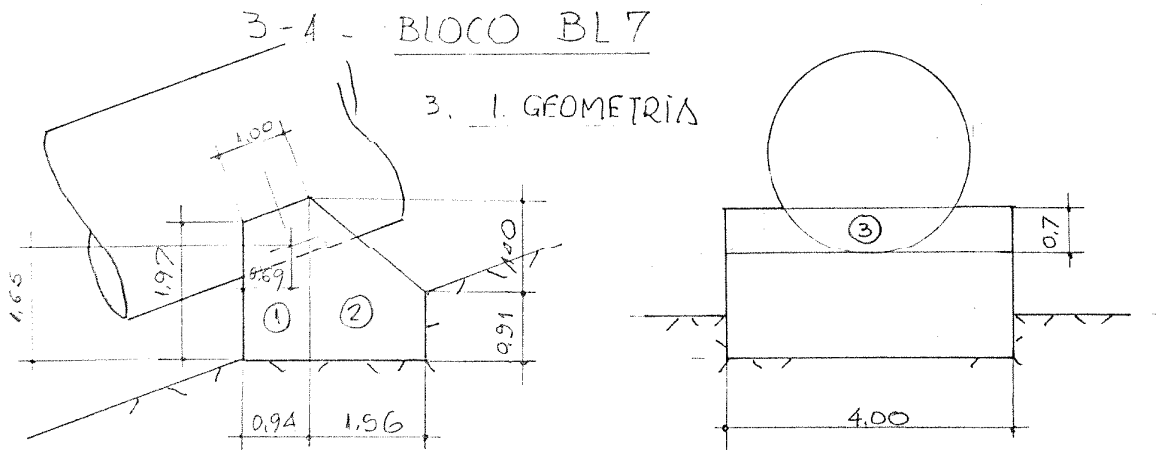
$$= (5 \times 4 \times 1,5 + \frac{1}{2} \times 2,5 \times 4 \times 0,9) \times 2,4 = 82,8$$

##### 3.3.1.5. TENSÃO NA FUNDAÇÃO

$$\sigma = \frac{127 + 72 + 82,8}{20} = 14$$

Projeto: TRANSPOSIÇÃO  
 Cliente: FUNDATE  
 Objeto: ESTAB. PREDIM

Código: \_\_\_\_\_



3.4.2. ESFORÇOS

unid (tf, m)

3.4.2.1. PESO DO BLOCO

ITEM	ESFORÇOS	$\alpha$	MOMENTO
1	$2,14 / 0,94 \times 4,0 / 24 = 19,3$	0,48	9,3
2	$1,61 / 1,56 \times 4,0 / 24 = 24,1$	1,61	38,8
3	$- 1,62 / 2,4 = - 3,9$	0,70	- 2,7
	39,5	1,15	45,4

$e = 1,15 - 1,25 = -0,10$

$M_e = -0,1 \times 39,5 = 4,0$

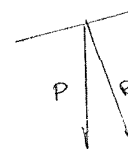
3.4.2.2 PESO DO DUTO

$l = 10 \text{ m.}$

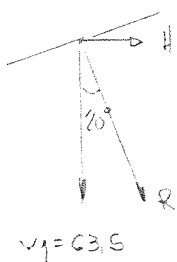
$$\frac{P \cdot P \cdot l}{4} = \frac{10 \cdot 0,6 \cdot 10}{4} = 60$$

$$\frac{\pi \cdot 2,9^2}{4} \cdot 1,10 \cdot 10 = 66,0$$

$$72,0 = P.$$



$R = P \cos 20 = 72 \times 0,939 = 67,6$



$e = 0,59 - 1,25 = -0,56$

$Z = 1,65$

$M = 23,1 \times 1,65 - 63,5 \times 0,56 = 2,6$

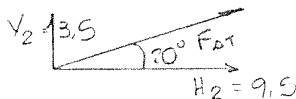
$H_1 = 23,1$

$V_1 = 63,5$

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNCATE \_\_\_\_\_  
 Objeto: ESTAB - PREDIM \_\_\_\_\_

3.4.2.3. FORÇA DE ATRITO

$$F_{AT} = \pm \mu R = \pm 0,15 \times 67,6 = 10,1$$



TOMBAMENTO HORÁRIO

$$H_2 = 9,5$$

$$V_2 = -3,5$$

$$M_G = 9,5 \times 1,65 + 3,5 \times 0,56 = 17,6$$

TOMBAMENTO ANTI-HORÁRIO

$$H_2 = -9,5$$

$$V_2 = +3,5$$

$$M_G = -9,5 \times 1,65 - 3,5 \times 0,56 = -17,6$$

3.4.3. ESTABILIDADE

3.4.3.1. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DA BASE

$$S = 2,5 \times 4,0 = 10,0$$

$$W = \frac{2,5^2 \times 4,0}{6} = 4,17$$

3.4.3.2. CASO I - TOMBAMENTO ANTI-HORÁRIO

3.4.3.2.1. RESULTANTE

ITEM	ESFORÇO		MOMENTO
	VERT	HORIZ	
PESO BLOCO	39,5		4,0
PESO DUTO	63,5	23,1	2,6
ATRITO	3,5	-9,5	-17,6
	106,5	13,6	-11,0

ANALISA-SE O CASO II POR SER O MAIS DESFAVORÁVEL.

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNDATE \_\_\_\_\_  
 Objeto: ESTAB - PREDIM \_\_\_\_\_

3.4.3.3. CASEO II - TOMBAMENTO HORÁRIO

3.4.3.3.1 RESULTANTE

ITEM	ESFORÇO		MOMENTO
	VERT.	HORIZ	
PESO BLOCO	39,5		4,0
PESO DUTO	63,5	23,1	2,6
ATRILO	-3,5	9,5	17,6
	99,5	32,6	24,2

3.4.3.3.2 TENSÕES VERTICAIS

$$\sigma = \frac{99,5}{10} \pm \frac{24,2}{4,17} = 9,95 \pm 5,8 \quad \left\{ \begin{array}{l} \sigma_{máx} = 15,75 \\ \sigma_{mín} = 4,15 > 0. \end{array} \right.$$

3.4.3.3.3. ESCORREGIMENTO

$$H_R = \frac{99,5 + 9,40}{1,5} = 55,6 > 32,6 \text{ OK!}$$



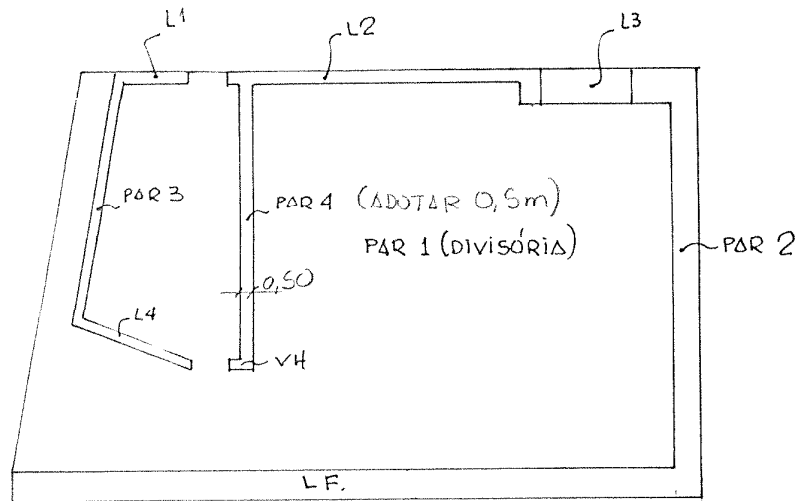
Projeto: TRANSPOSIÇÃO  
Cliente: FUNDATE  
Objeto: ESTAB- PREDIM

## V - PREDIMENSIONAMENTO

Projeto: TRANSPOSIÇÃO ..... Código: .....

Cliente: FUNDATE .....  
 Objeto: ESTAB - PREDIM .....

CORTE CHAVE



TENSÕES DE SERVIÇO NAS BARRAS DE AÇO

A = 2,0	φ12 <sup>s</sup>	$\sigma_f = 1,95 \text{ t/m}^2$
	φ16	$\sigma_f = 1,72 \text{ "}$
	φ20	$\sigma_f = 1,54 \text{ "}$
	φ25	$\sigma_f = 1,38 \text{ "}$

NA CONDIÇÃO DE CASO EXCEPCIONAL - MANUTENÇÃO DAS BOMBAS, PRESENDE-SE DA VERIFICAÇÃO DA FISSURAÇÃO POR TRATAR-SE DE UM CASO ESPORÁDICO E DE CURTA DURAÇÃO. ENTRETANTO DIMENSIONA-SE AS PEÇAS SEM REDUÇÃO DO COEFICIENTE DE SEGURANÇA.

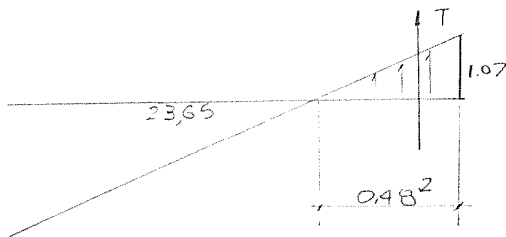
Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNDATE Objeto: ESTAB - PREDIM

1. EB I-1

1.1. PAR 1 - ITEM 4.3

$\sigma_B = 51,43$

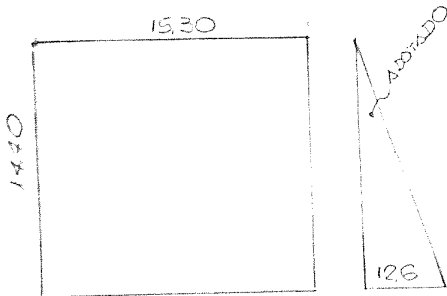
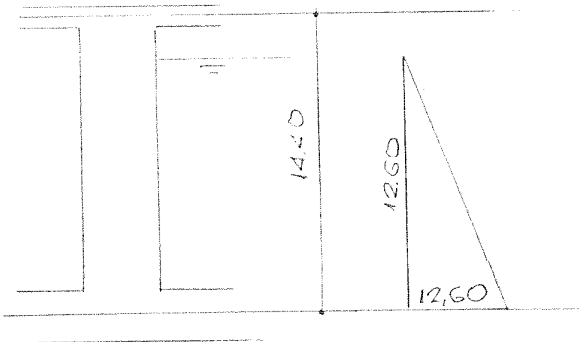
$\sigma_0 = -1,07$



$T = \frac{1}{2} \times 1.07 \times 0.482 \times 1.7 = 0.44 \text{ kg}$

$\Delta_{smin}$

FLEXÃO



21. DEŚ TUB. 1.70/1.74

$M_x = 0,0189 \times 15,30 \times 12,6 = 59,8 \text{ kg} \cdot \text{m} \quad 11,3 \text{ cm}^2$

$M_y = 0,0268 \times 14,4 \times 12,6 = 70,1 \quad 14,2 \text{ cm}^2$

$X = 0,0248 \times 15,3 \times 12,6 = 73,1 \quad 14,8 \text{ cm}^2$

$Y_s = 0,0197 \times 14,4 \times 12,6 = 51,5 \quad 10,5 \text{ cm}^2$

$Y_c = 0,0354 \times 14,4 \times 12,6 = 92,5 \quad 18,7 \text{ cm}^2$

$\Delta_s = 0,334 \times \frac{9250}{166} = 18,7 \text{ cm}^2$

$\Delta_{smin} = 3320/30 \approx \phi 250/20 \#$

$TAXA = 60 \text{ kgf/m}^3$

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_

Cliente: FUNDATE

Objeto: ESTAB. PREDIM Rev. 0<sub>A</sub>

PAREDES DIVISÓRIAS - JUNTA DE CONTRACÇÃO

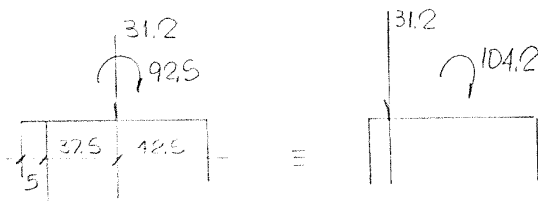
$h = 85 \quad d = 80$

CONDIÇÃO DE CÂMARA VARIA - MANUTENÇÃO

TRATANDO-SE DE UM CASO EXCEPCIONAL, DISPENSA-SE A VERIFICAÇÃO DA FISSURAÇÃO.

DO ITEM 1.1 -  $\gamma_{max} = 92,5 \text{ t/m}^3$

PESO PRÓPRIO PAREDE	$1383 \times 0,85 \times 1,0 \times 2,4 =$	$28,2$	}	$N = 31,2 \text{ t}.$
" " LQJ. PLAT.	$3,0 \times 1,0 \times 1,0 =$	$3,0$		



$A_{SADOT.} \quad \phi 25c/10 \quad \text{AMBAS AS FACES.}$

$TAXA = 130 \text{ kg/m}^3$

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNDATE \_\_\_\_\_  
 Objeto: ESTAB- PREDIM \_\_\_\_\_

1.2. PAR 2 h = 80 cm

ARMADA NUMA DIREÇÃO

$$g = 10 \text{ tf/m}^2$$

$$X = \frac{6,5^2}{10} \times 10 = 42,3 \text{ tf.m.}$$

$$A_{sx} = 0,35 \times \frac{4230}{76} = 20 \text{ cm}^2$$

$$A_{sw} = 20 \text{ cm}^2 \quad A_{sx} = \phi 25 \text{ c/25.}$$

$$A_{sy} = \phi 20 \text{ c/25}$$

$TAXA = 70 \text{ kgf/m}^3$

1.3. PAR 3 h = 30 cm

$$A_{smin} = \frac{0,15 \times 30 \times 100}{100} = 4,5 \text{ cm}^2$$

$$\# \phi 12^s \text{ c/20}$$

$TAXA = 75 \text{ kgf/m}^3$

1.4. PAR 4 h = 50 cm

CONSIDERA-SE ARMADA NUMA DIREÇÃO

$$X = \frac{6,5^2}{12} \times 60 = 21,1 \text{ tf.m.}$$

$$A_s = 0,35 \times \frac{2110}{36} = 16 \text{ cm}^2$$

FACE A	FACE B
$A_{sx} = \phi 20 \text{ c/20} - \phi 16 \text{ c/20}$	$A_{sx} = \phi 20 \text{ c/20} - \phi 16 \text{ c/20}$
$A_{sy} = \phi 20 \text{ c/30} - \phi 16 \text{ c/30}$	$A_{sy} = \phi 20 \text{ c/30} - \phi 16 \text{ c/30}$

$TAXA = 80 \text{ kgf/m}^3$

VH - 50 x 80 -

$$\eta = \frac{6,5^2}{12} \times 11 = 38,3 \text{ tf.m.}$$

$$A_s = 0,36 \times \frac{3880}{76} = 18,4 \text{ cm}^2 - 4 \phi 25.$$

$$A_{sw} = \phi 10 \text{ c/25.}$$

$$A'_s = 2 \phi 25$$

$TAXA ADOPTADA 100 \text{ kgf/m}^3$

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNCATE  
 Objeto: ESTAB - PREDIM

1.5. L4 h = 0,3 m.

ppr = 0,72 l/m

$$\eta = \frac{6,5^2}{12} \times 0,72 = 2,5 \text{ l.m.}$$

$A_{smm} = \phi 12^s c/20$  e  $\phi 10 c/20$

TAXA 50 kgf/m<sup>3</sup>

1.6. LF h = 1,0 m

q = 12,6 - 2,4 = 10,2

$$\eta = 6,3^2/8 \times 10,2 = 50,6 \text{ l.m.}$$

$$A_s = 0,34 \times \frac{5060}{94} = 18,3 \text{ cm}^2$$

$A_{smm} = 20 \text{ cm}^2$

$\phi 25 c/25$   
 $\phi 16 c/25.$

TAXA = 30 kgf/m<sup>3</sup>

1.7. L1-12 h = 0,4 m

pp.	1,0
REV	0,22
s/c.	3,00
	4,22

$$\eta = \frac{6,3^2}{12} \times 4,22 = 14 \text{ l.m.}$$

$$A_s = 0,35 \times \frac{1400}{36} = 13,6 \text{ cm}^2 \quad A_{SFIS} = 16 \text{ cm}^2$$

TAXA 80 kgf/m<sup>3</sup>

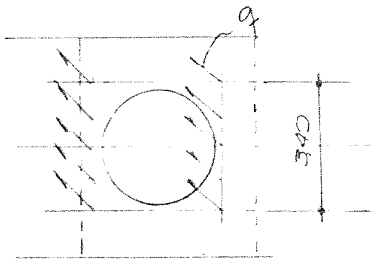
Projeto: TRANSPOSIÇÃO

Código: \_\_\_\_\_

Cliente: FUNCATE

Objeto: ESTAB - PREDIM

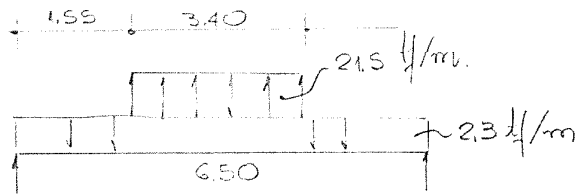
1.8. APDIO DA BOMBA



ESFORÇO DE ARRANCAMENTO

$$\frac{\pi \phi^2}{4} \times \Delta H \times 1,5 = \frac{\pi \times 20^2}{4} \times 31,05 \times 1,5 = 146,3 \text{ tf.}$$

$$q = \frac{146,3}{2 \times 3,40} = 21,5 \text{ tf/m.}$$



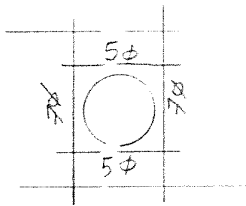
$$R = -29,1 \text{ tf.}$$

$$M = -29,1 \times 3,25 - \frac{3,25^2}{2} \times 2,3 + \frac{1,7^2}{2} \times 21,5 = -76 \text{ tf.m}$$

$$A_s = 0,34 \times \frac{7600}{116} = 22,3 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \neq 155} = 27 \text{ cm}^2$$

ADOPTA-SE 7φ25.



$$14(37,6 + 15,4) = 742$$

$$10(24,0 + 9,8) = 338$$

$$\underline{1080}$$

$TAXA = 60 \text{ kg/m}^3$
----------------------------

Projeto: TRANSPOSIÇÃO

Código: \_\_\_\_\_

Cliente: FUNCATE

Objeto: ESTAB - PREDIM

2- EBI-2

2.1. PAR 1

$\sigma_c > 0$

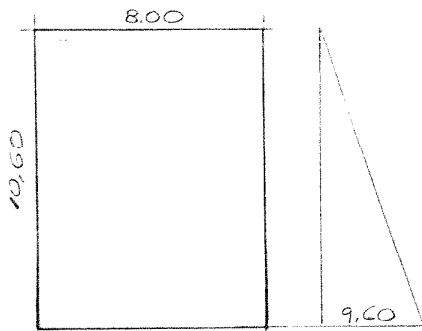
$A_{smin} = \# \phi 25 c/20$

$T \Delta \times \Delta = 40 \text{ kg/m}^3$

2.2. PAR 2

$h = 80 \text{ cm}$

BARÉS - 1.70 - 1.74



$M_x = 0,0164 \times 8,0^2 \times 9,6 = 10,1 \text{ t.m}$

$M_y = 0,0069 \times 10,6^2 \times 9,6 = 7,5 \text{ "}$

$X = 0,0384 \times 8,0^2 \times 9,6 = 23,6 \text{ "}$

$Y_s = 0,0094 \times 10,6^2 \times 9,6 = 10,2 \text{ "}$

$Y_c = 0,0225 \times 10,6^2 \times 9,6 = 24,3 \text{ "}$

$M = 10,1 \text{ t.m} \quad A_s = 0,34 \times \frac{1010}{76} = 4,51 \text{ cm}^2$

$A_{smin} = 10 \text{ cm}^2 \quad \phi 16 c/20$

$Y = X = 24,3 \text{ t.m} \quad A_s = 0,34 \times \frac{2430}{76} = 10,9 \text{ cm}^2 \quad \phi 16 c/20$

$T \Delta \times \Delta = 60 \text{ kg/m}^3$

2.3. PAR 3  $h = 30 \text{ cm}$

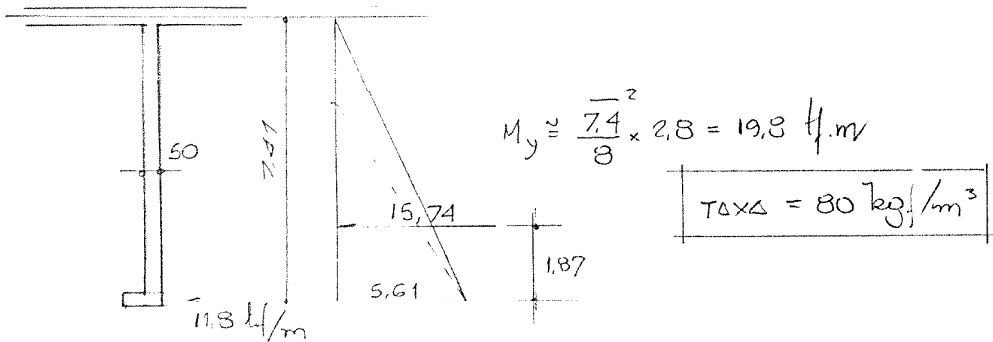
$A_{smin} = 6 \text{ t}^2 c/20$

$T \Delta \times \Delta = 75 \text{ kg/m}^3$



Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNDATE  
 Objeto: ESTAB - PREDIM

2.4. PAR 4



2.5. VH 50/30

$\eta = \frac{8.0^2}{12} \times 11.8 = 63 \text{ tf.m}$        $A_s = 0.39 \times \frac{6300}{76} = 33 \text{ cm}^2 \quad 7\phi 25.$

$TAXA = 130 \text{ kg/m}^3$

2.6. L4 h=0.30 m

$\eta = \frac{8^2}{12} \times 0.72 = 3.84 \text{ tf.m}$        $A_s = 0.34 \times \frac{384}{26} = 5.0 \text{ cm}^2$

$A_{swir} = 6 \text{ cm}^2 \quad \phi 12c/20 \text{ e } \phi 10c/20$

$TAXA = 50 \text{ kg/m}^3$

2.7. LF h=1.0 m       $q = 10.31 - 2.4 = 7.91$

$\eta = \frac{7.8^2}{8} \times 7.91 = 60.1 \text{ tf.m}$

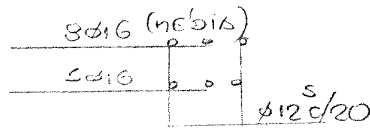
$A_s = 0.34 \times \frac{6010}{94} = 22.0 \text{ cm}^2$        $\phi 25c/20$   
 $\phi 16c/20$

$TAXA = 60 \text{ kg/m}^3$

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNDATE  
 Objeto: ESTAB- PREDIM

2.8. L1/L2 h=0,4

$$\eta = \frac{2.80}{12} \times 1,22 = 21,4 \text{ kg/m} \quad \Delta_S = 0,37 \times \frac{2140}{36} = 22 \text{ cm}^2$$

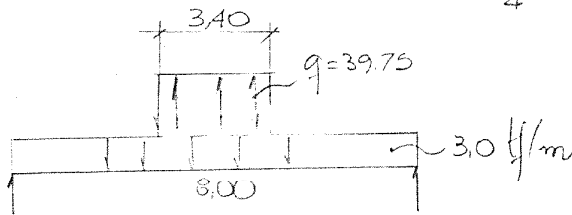


$$\boxed{\text{TAXA} = 100 \text{ kgf/m}^3}$$

SE h=0,5 ADOPTAR TX = 80

2.9. APOIO DA BOMBA h=1,5m

ESFORÇO DE ARRANCAMENTO  $\frac{\pi \phi^2}{4} \times \Delta \times h = \frac{\pi \times 20^2}{4} \times 57,35 \times 1,5 = 270,3 \text{ kg}$

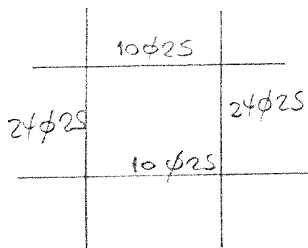


$$q = \frac{270,3}{2 \times 3,4} = 39,75 \text{ kg/m}$$

R = -55,58

$$\eta = -55,58 \times 4 - \frac{4,0^2}{2} \times 3,0 + \frac{1,7^2}{2} \times 39,75 = 189,0 \text{ kg.m}$$

$$\Delta_S = 0,363 \times \frac{18900}{145} = 47,3 \text{ cm}^2 \quad \Delta_S^{\text{FISS}} = 120 \text{ cm}^2$$



48 x 10,50 x 4 = 2016

20 x 6,50 x 4 = 520

12 x 10,50 x 7,64 = 207

8 x 6,50 x 1,64 = 85

2828

$$\frac{(7,50 \times 6,04 - \pi \times 3,2^2)}{4} \times 1,5 = 50,6$$

$$\boxed{\text{TAXA} = 65 \text{ kgf/m}^3}$$

2.10. APOIO DO MOTOR

= EBI-3. VER ITEM 3.10

Projeto: TRANSPOSIÇÃO  
 Cliente: FUNDATE  
 Objeto: ESTAB-PREDIM

3. EBI - 3

3.1 PAR 1 2,5m  $A_{SMII} = \# \phi 25 \text{ c}/20$

TAXA : 40 kgf/m<sup>3</sup>

3.2 PAR 2 h=0,80m

$$y \approx 0,02 \times 11,5 \times 11,44 = 30,3 \text{ lf.m}$$

$$A_{S_y} = 0,35 \times \frac{3030}{75} = 14,2 \text{ cm}^2 \quad \phi 20 \text{ c}/20 \text{ (LOCALIZADA)}$$

$$A_{S_x} = \phi 16 \text{ c}/20$$

PREVALFCE  $\phi 16 \text{ c}/20$

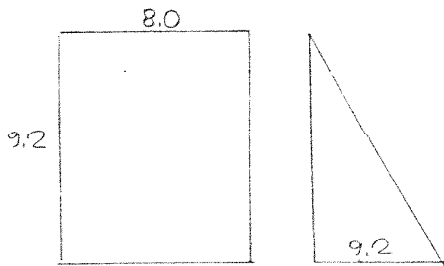
TAXA 60 kgf/m<sup>3</sup>

3.3 PAR 3 0,40m

$$A_{SMII} = \phi 12 \text{ c}/20$$

TAXA 60 kgf/m<sup>3</sup>

3.4 PAR 4 h=50



$$M = 14$$

$$A_s = 0,36 \times \frac{1400}{45} = 11,2 \quad \phi 16 \text{ c}/20$$

TAXA 80 kgf/m<sup>3</sup>

3.5 VIGA HORIZONTAL TAXA ADOTADA 150 kgf/m<sup>3</sup>

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNCATE  
 Objeto: ESTAB - PREDIM

3.6. L4  $h = 40$   
 $\Delta_{s \text{ min}} = 0 \text{ cm}^2$  TAXA 50 kg/m<sup>3</sup>

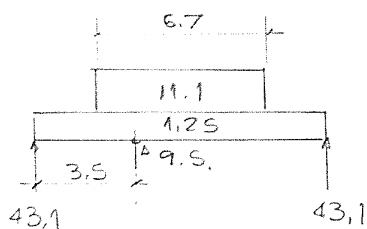
3.7. LF  $h = 1,0$   $q = 12,44 - 2,4 = 10,04$   
 $M = \frac{7,8^2}{10} \times 10,04 = 61$   
 $\Delta_s = 0,34 \times \frac{6100}{94} = 22 \text{ cm}^2$

SENSOURA MÉDIA  $\phi 25 \text{ c}/20$  TAXA 60 kg/m<sup>3</sup>  
 $\phi 16 \text{ c}/20$

3.8. L1/L2  $h = 0,5$   
 $M = \frac{7,8^2}{12} \times 4,5 = 23$   $\Delta_s = 0,36 \frac{2300}{45} = 18,4$   $\phi 20 \text{ c}/15$   
 $\phi 16 \text{ c}/20$  TAXA 100 kg/m<sup>3</sup>

3.9. APOIO DA BOMBA IDEM EBI-2 TAXA 65 kg/m<sup>3</sup>

3.10. APOIO DO MOTOR



$q = \frac{76/2}{617} = 5,7$   
 pp. bloco =  $\frac{5,4}{11,1}$   $h = 70$

COM ENGASTAMENTO

$X \cong 80$   $\Delta_s = 50 \text{ cm}^2$   $\phi 25 \text{ c}/10$   
 $\phi 20 \text{ c}/20$

TAXA MÉDIA: 120 kg/m<sup>3</sup>

PAREDES DO MOTOR

$\Delta_{s \text{ min}} = \phi 16 \text{ c}/20$  TAXA 60 kg/m<sup>3</sup>  
 $\phi 12,5 \text{ c}/20$

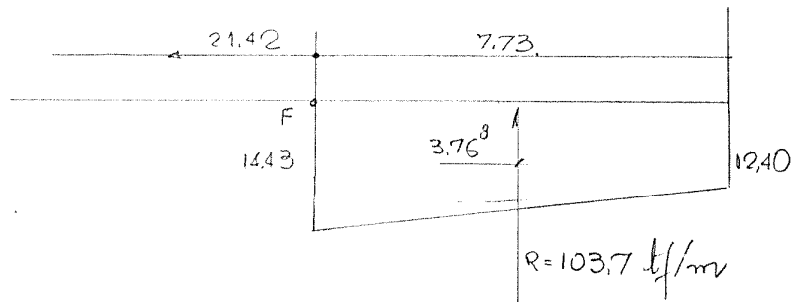
Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNDATE Objeto: ESTAB - PREDIM

## 4. DESAGÜE

### 4.1. ANÁLISE DA SECÇÃO X = 21,42

#### 4.1.1. ESFORÇOS

##### 4.1.1.1. TENSÕES VERTICAIS + SUBPRESSÃO



$$M_F = + 103,7 \times 3,76^2 = 390,7 \text{ t}\cdot\text{m}$$

#### 4.1.1.2. ENRÓCAMENTO

$$P_{ENG} = 9,13 \times 4,12 \times 1,9 = -40,2 \text{ t}$$

$$\text{brago} = 2,56^5$$

$$M_F = -40,2 \times 2,56^5 = -103,1$$

#### 4.1.1.3. ESTRUTURA

PESO PARA UMA LARGURA MÉDIA DE 18 m.

P/ ITENS VER GEOMETRIA

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNDATE Objeto: ESTAB - PREDIM

ITEM	PESO	$\chi_{REL. F.}$	$M_F.$
E	- 74,37 · 2,4 = -178,5	1,61	- 287,4
F	- 253,60 · 2,4 = -608,6	1,80 <sup>2</sup>	- 2922,7
F'	- 93,31 · 2,4 = -223,9	5,76 <sup>1</sup>	- 1290,1
G	- 206,00 · 2,4 = -496,0	7,06 <sup>1</sup>	- 3502,1
P	- 49,01 · 2,4 = -117,6	0,41 <sup>7</sup>	- 45,0
Q	- 115,79 · 2,4 = -277,9	2,04 <sup>7</sup>	- 568,8
⑩	31,29 · 2,4 = 75,1	0,57 <sup>6</sup>	43,2
⑪	76,57 · 2,4 = 183,7	2,28 <sup>5</sup>	419,9
⑫	94,25 · 2,4 = 226,2	4,82 <sup>9</sup>	1092,3
⑬	19,62 · 2,4 = 47,1	6,30 <sup>7</sup>	297,0
⑭	54,22 · 2,4 = 130,1	6,72 <sup>5</sup>	875,1
⑮	101,04 · 2,4 = 242,5	7,34 <sup>3</sup>	1780,6
	$\Sigma =$ -988,2		-4108,0

ou  $P_{concr} = \frac{-988,2}{10} = -98,82 \text{ kg/m}$      $M_F = -228,2 \text{ kg.m/m}$

4.1.2. SOLICITANTES.

$V = 103,7 - 40,2 - 54,9 = 8,6 \text{ kg}$

$M_F = 390,7 - 103,1 - 228,2 = 59,4 \text{ kg.m}$

$\Delta_{SMIN} \# \phi 20 \text{ c/30}$

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNDATE \_\_\_\_\_  
 Objeto: ESTAB - FREDIM \_\_\_\_\_

## 4.2. DESEMBOQUE

### 4.2.1 TETO

$$\begin{aligned} \text{PPR } 13,25 &= 3,25 \text{ t/m}^2 \\ \text{ENROSCAMENTO} &= 9,00 \text{ " } \\ \text{SOBRE CARGA} &= \frac{3,00 \text{ "}}{15,25 \text{ "}} \end{aligned}$$

- CARGA EM UMA DIREÇÃO  $l = 7,5 \text{ m}$   $h = 130$

$$X \approx M = \frac{7,5^2}{10} \times 15,25 = 85,8 \text{ t.m.} \quad \phi 25 \text{ c/20 (MÉDIA)}$$

### 4.2.2 PISO

$h = 70$

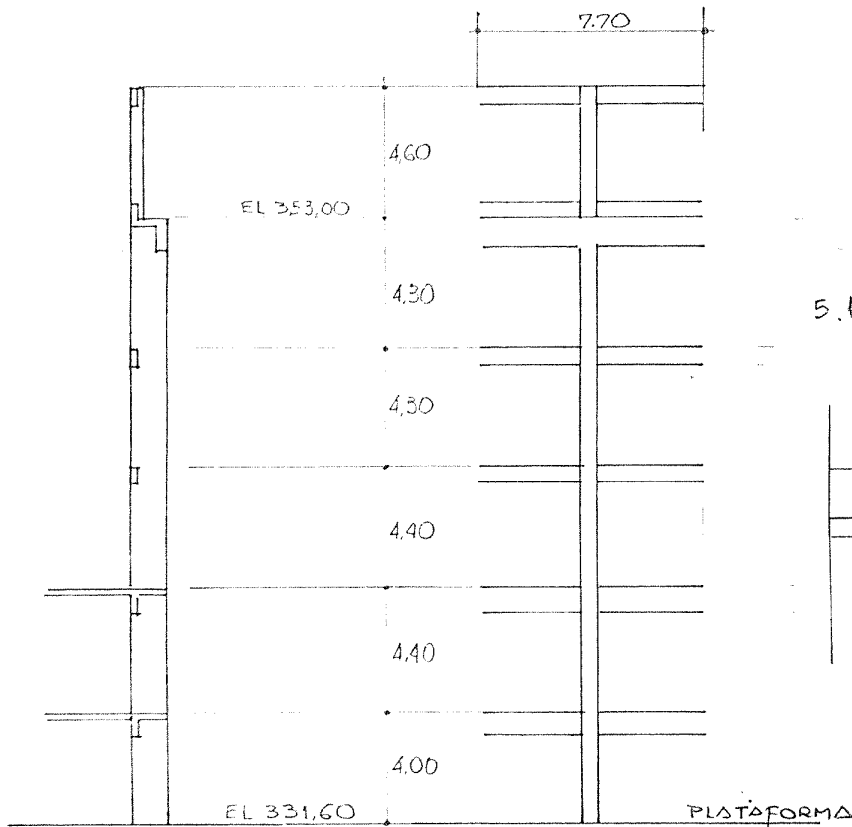
$$\mu = 7,9 \text{ t/m}^2$$

$$X \approx M = \frac{8^2}{12} \times 7,9 = 42,1 \text{ t.m.}$$

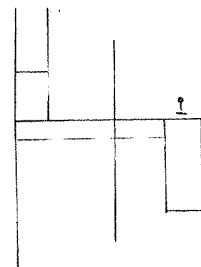
$\phi 25 \text{ c/20 (MÉDIA)}$

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNCOTE  
 Objeto: ESTAB - PREDIM

5- SUPERESTRUTURA - EBI-1



5.1- GEOMETRIA



5.2- CARREGAMENTOS

PONTE ROLANTE

VENTO  $q_s = 125 \text{ kgf/m}^2$  { PRESSÃO 100  $\text{kgf/m}^2$   
 SUCCÃO 60  $\text{kgf/m}^2$

ALVENARIA 300  $\text{kgf/m}^2$



Projeto: TRANSPOSIÇÃO  
 Cliente: FUNCATE  
 Objeto: ESTAB - PREDIM

5.2.1 PONTE ROLANTE

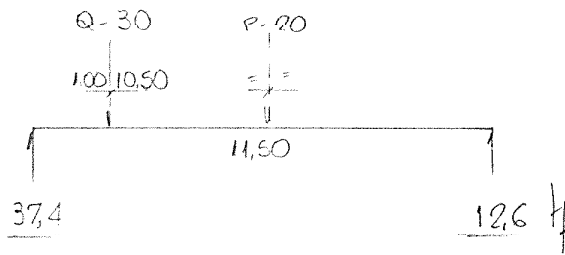
PESO PRÓPRIO 20 tf

CARGA DE IÇAMENTO + CARRO = 30 tf

coeficiente de impacto  $\phi = 1,25$

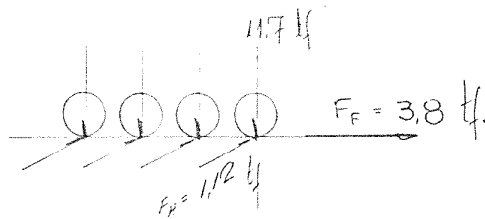
$F_H = 0,2 \times 30 = 6 \text{ tf}$

$F_F = 0,10 Q_{\text{RODA}/\text{RODA}}$  (FRENAGEM)



CARGA MÁXIMA NAS RODAS

$\frac{37,4 \times 1,25}{4} = 11,7 \text{ tf/RODA}$



OBS:  $\Sigma F_H = 0,2 \cdot 30 = 6 \text{ tf}$ .

- DISTRIBUIÇÃO PROPORCIONAL A CARGA VERTICAL ESTÁTICA DAS RODAS.

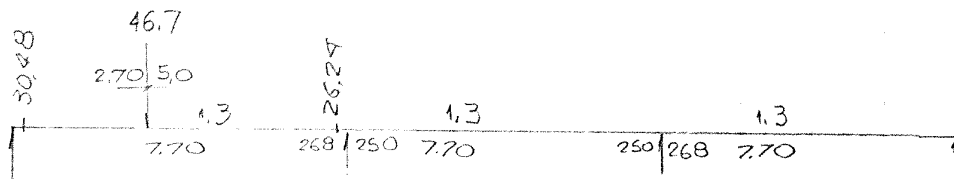
$F_H = \frac{37,4}{50} \times \frac{6}{4} = 1,12 \text{ tf/RODA}$ .

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNCATE  
 Objeto: ESTAB - PREDIM

5.3. VIGAS

5.3.1. VIGA - PONTE ROLANTE 40/120

PPR = 1,3



$R_d = 19,3$	$R-L = 19,3$	$R-L = 19,3$
$M_c = 81,9$		
$R_t = 129,9$	-34,32	+8,70
	-3,86	-3,86
$M = 77,6 \text{ t/m}$	+1,29	-5,17
$A_s = 25 \text{ cm}^2$	-37,39 t/m	

TAXA : 120 kg/m<sup>2</sup>

5.3.2. VIGAS DE FECHAMENTO 19/60

PPR 0,29  $l = 7,7$   
 ALV 1,14  
 1,43

$X = 8,5 \text{ t/m}$   $A_s = 6 \text{ cm}^2$

TAX = 190 kg/m<sup>3</sup>

5.3.3. VIGAS LONGITUDINAIS DO 'COMANDO'

5.3.3.1. LOJE  $h = 20$

ppr 0,62  
 REJEST 0,22  
 S/C 1,00  
 1,84

$M = \frac{5,5^2}{8} \times 1,84 = 4,9 \text{ t/m}$

$A_s = 10,0 \text{ cm}^2/\text{m}$

$V = 5,15 \text{ t/m}$

TX = 100 kg/m<sup>3</sup>

5.3.3.2. VIGA 25/110

pp 0,75  
 LOJE 5,15  
 5,90

$X = 35 \text{ t/m}$

$A_s = 14 \text{ cm}^2$

TX 150 kg/m<sup>3</sup>

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNCATE  
 Objeto: ESTAB - FREDIM

5.3.4. VIGAS DE FECHAMENTO LATERAL

19/100

$l = 12,00$

$$\begin{array}{r} \text{ppr } 0,48 \\ \Delta LV \quad 1,14 \\ \hline 1,62 \end{array}$$

$X = 29,0$

$A_s = 12 \text{ cm}^2$

TΔxΔ	70 kg/m <sup>3</sup>
------	----------------------

5.4 - PILARES

80/140

5.4.1. ESFORÇOS

5.4.1.1. ESFORÇO HORIZONTAL

5.4.1.1.1. VENTO

PRECSSO  $Q_p = 7,7 \cdot 26 \cdot 0,1 = 20 \text{ k}$   $z = 13 \text{ m}$

$M_{Q_p} = 20 \cdot 13 = 260 \text{ k}\cdot\text{m}$

SUCSSO  $Q_s = 7,7 \cdot 26 \cdot 0,06 = 12 \text{ k}$

$M_{Q_s} = 12 \cdot 13 = 156 \text{ k}\cdot\text{m}$

5.4.1.1.2. PONTE ROLANTE

$H = \pm 4,48 \text{ k}$   $z = 21,6 \text{ m}$

$M = 4,48 \cdot 21,6 = 96,8 \text{ k}\cdot\text{m}$

5.4.1.2. ESFORÇOS VERTICAIS

5.4.1.2.1. VIGA PONTE ROLANTE

$Q_1 = 7,7 \cdot 1,3 + 46,7 = 56,7$

$z = 1,2 - 0,70 = 0,50$

$M_e = 28,3 \text{ k}\cdot\text{m}$

5.4.1.2.2. VIGAS DE FECHAMENTO

$Q_2 = 7,70 \cdot 2,66 = 20,5 \text{ k}$

$z = 0,10 - 0,7 = -0,6$

$M = -12,3 \text{ k}\cdot\text{m}$

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNDATE  
 Objeto: ESTAB-PREDIM

5.4.1.2.3 ALVENARIA

$$Q_3 = 14,8 \times 0,3 \times 7,7 = 34,2 \text{ tf.}$$

$$e = -0,6 \quad M = -20,5 \text{ tf.m}$$

5.4.2 - DIMENSIONAMENTO

	VERT.	MOM.(PRESSÃO)	MOM.(SUÇÃO)
VENTO		260	-156
PONTE	56,7	125,1	-68,5
VIGAS	20,5	-12,3	-12,3
ALVENAR.	34,2	-20,5	-20,5
	111,4	362,3	-257,3

OS VALORES DOS ESFORÇOS SUCCIONANTES SÃO SIMILARES AOS DOS PILARES DA EBI-2. ver

ADOPTAR PILARES 80x140

$$A_s = 20\phi 25 \text{ (PRESSÃO)}$$

$$A'_s = 12\phi 25 \text{ (SUÇÃO)}$$

$TAXA = 120 \text{ kg/m}^3$

PILARETE SUPERIOR

PILARES 80/30

$$A_s = 10\phi 16.$$

$TAXA 180 \text{ kg/m}^3$

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_

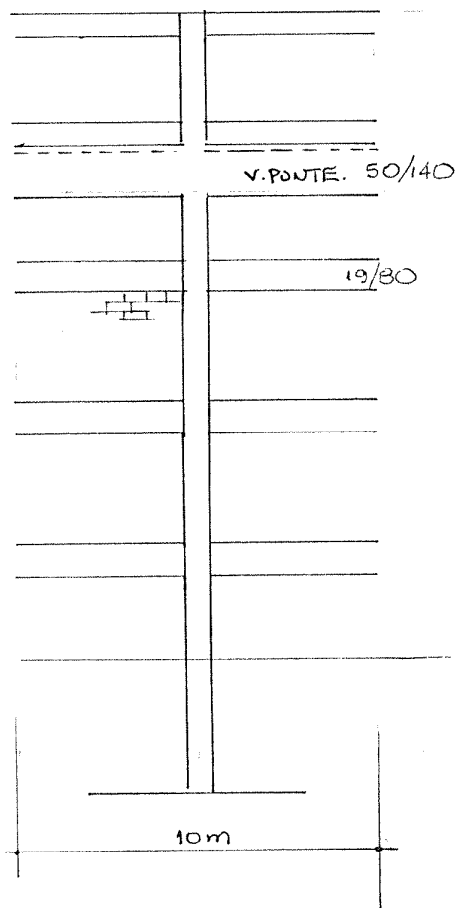
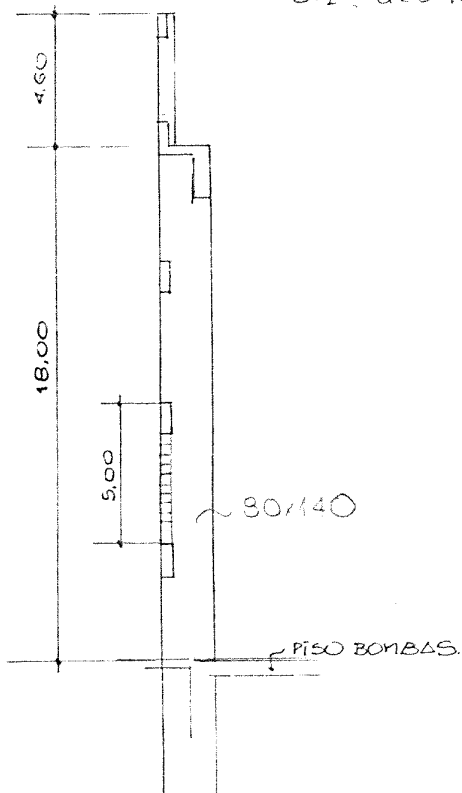
Cliente: FUNDATE

Objeto: ESTAB- PREDIM

6 - SUPERESTRUTURA

EBI-2/EBI-3

6.1 GEOMETRIA



6.2 CARREGAMENTOS

PONTE ROLANTE

VENTO  $q_v = 125 \text{ kgf/m}^2$  { PRESSÃO: 100  $\text{kgf/m}^2$   
 SUÇÃO: 60  $\text{kgf/m}^2$

ALVENARIA 300  $\text{kgf/m}^2$

Projeto: TRANSPOSIÇÃO

Código: \_\_\_\_\_

Cliente: FUNDATE

Objeto: ESTAB - PREDIM

### 6.2.1 PONTE ROLANTE

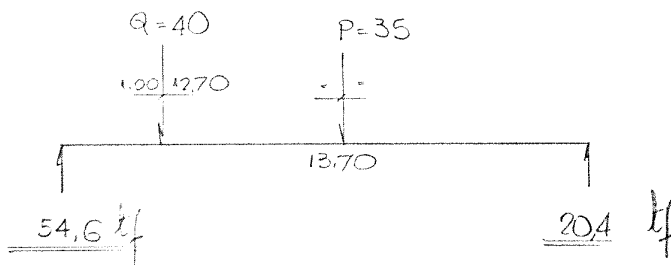
PESO PRÓPRIO 35 tf.

CARGA DE IÇAMENTO + CARRO = 40 tf.

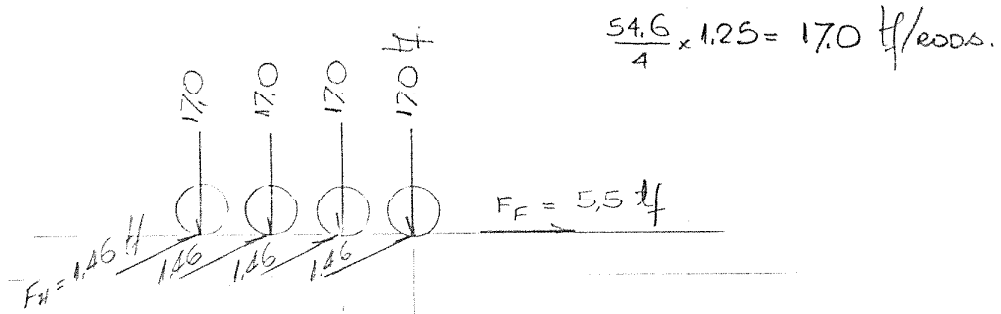
coeficiente de impacto  $q = 1,25$

$F_H = 0,2 \times 40 = 8$  tf.

$F_F = 0,10 \theta_{RODA/RODA}$ . (FRENAGEM)



#### CARGA MÁXIMA NAS RODAS



OBS:  $\Sigma F_H = 8$  tf.

DISTRIBUIÇÃO PROPORCIONAL A CARGA VERTICAL ESTÁTICA DAS RODAS.

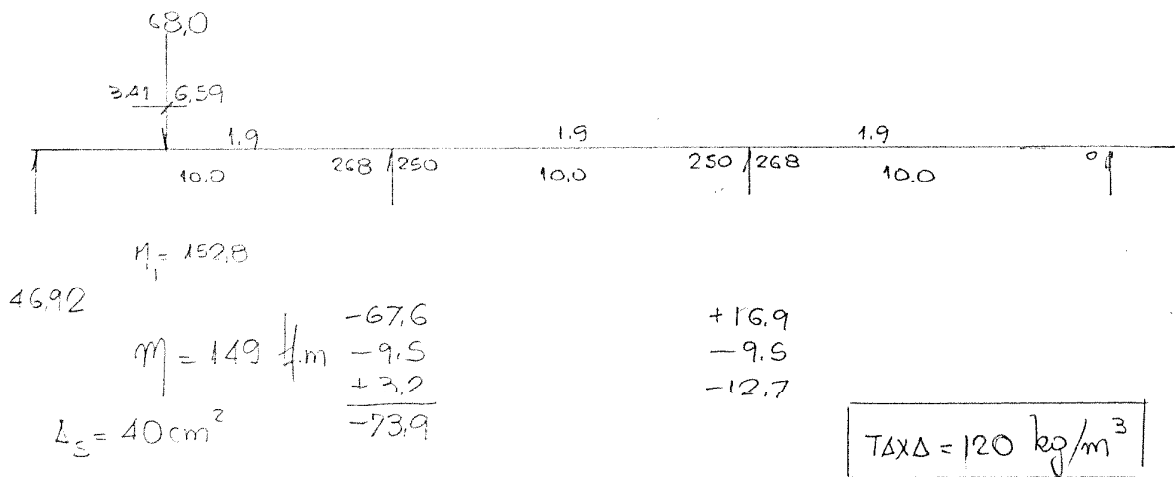
$$F_H = \frac{54,6}{75} \times 8 = 1,46 \text{ tf/roda.}$$

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNCATE \_\_\_\_\_  
 Objeto: ESTAB - PREDIM \_\_\_\_\_

### 6.3. VIGAS

#### 6.3.1 VIGA - PTE ROLANTE 50/140

PPR = 1,9



#### 6.3.2 VIGAS DE FECHAMENTO 19/30 $l = 10 \text{ m.}$

pp. 0,38  
 $\Delta V \frac{1,22}{1,60}$

$X = 16 \text{ t.m.}$

$4\phi 16.$

$TX = 190 \text{ kg/m}^3$

#### 6.3.3 VIGAS DE FECHAMENTO LATERAL 19/20 $l = 14.70 \text{ m}$

pp. 0,38  
 $\Delta V \frac{1,22}{1,60}$

$M = 35 \text{ t.m.}$

$A_s = 6\phi 16.$

$TX\Delta = 80 \text{ kg/m}^3$

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNCATE \_\_\_\_\_  
 Objeto: ESTAB- PREDIM \_\_\_\_\_

## 6.4. PILARES

### 6.4.1. ESFORÇOS

#### 6.4.1.1. ESFORÇO HORIZONTAL

##### 6.4.1.1.1. VENTO

PRESSION  $Q_p = 10 \times 22,6 \times 0,1 = 22,6 \text{ tf.}$   $z = 11,3 \text{ m}$

$$M_{vq} = 22,6 \times 11,3 = 255,4 \text{ tf.m}$$

SUGÇÃO  $q_s = 10 \times 22,6 \times 0,06 = 13,6 \text{ tf.}$

$$M_{vs} = 13,6 \times 11,3 = 153,7 \text{ tf.m}$$

##### 6.4.1.1.2. PONTE ROLANTE

$$H = \pm 5,84 \text{ tf.} \quad z = 18,2 \text{ m}$$

$$M = 5,84 \times 18,2 = 106,3 \text{ tf.m.}$$

### 6.4.1.2. ESFORÇOS VERTICAIS

#### 6.4.1.2.1. VIGA PONTE ROLANTE

$$Q_v = 10 \times 1,75 + 68,0 = 85,5 \text{ tf.}$$

$$e = 1,15 - 0,70 = 0,45$$

$$M = 41,6 \text{ tf.m.}$$

#### 6.4.1.2.2. LIGAS DE FECHAMENTO

$$Q_v = 0,19 \times 3,8 - 2,5 \times 10 = 18 \text{ tf.}$$

$$e = 0,10 - 0,70 = -0,60$$

$$M = -10,8 \text{ tf.m}$$



Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNDATE Objeto: ESTAB - PREDIM

6.4.1.2.3. ALIVIA

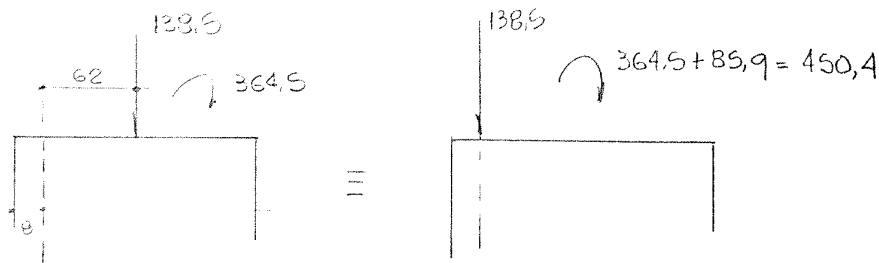
$$Q_3 = 15,6 \times 0,3 \times 10 = 46,8 \text{ t}$$

$$e = -0,6$$

$$M = -28,0 \text{ t.m.}$$

6.4.2. DIMENSIONAMENTO

	<u>VERT.</u>	<u>MOMENTO</u>	
VENTO		255,4	-153,7
PONTE	92,5	147,9	-64,7
VIAS	18,0	-10,8	-10,8
ALVENAR.	28,0	28,0	-28,0
	<u>138,5</u>	<u>364,5</u>	<u>-257,2</u>

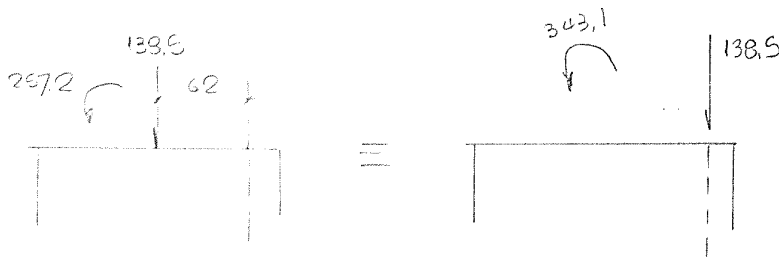


$$b = 80 \text{ cm} \quad d = 132 \text{ cm}$$

$$M = 45040 \text{ t.cm}$$

$$A_s = 0,415 \times \frac{45040}{132} - \frac{138,5 \times 1,4 \times 1,15}{5} = 97 \text{ cm}^2$$

20  $\phi$  25.



$$A_s = 0,382 \times \frac{34310}{132} - 44,6 = 99,3 - 44,6 = 55 \text{ cm}^2$$

10  $\phi$  25

$T_{\Delta \Delta} = 120 \text{ kg/m}^3$

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNDATE Objeto: \_\_\_\_\_  
 Objeto: ESTAB - PREDIM

VERIFICAÇÃO DA PARTE SUPERIOR

PILORES 80x30.

$$M = 10 \times 4.6 \times 0.10 \times 2.3 = 10,58 \text{ t.m}$$

$$b = 80 \quad d = 25.$$

$$A_s = 18 \text{ cm}^2 \quad 10 \phi 16.$$

TAXA 180 kg/m <sup>3</sup>
----------------------------

65 EDIFÍCIO DE CONTROLE

6.5.1. LAJES = h = 0,25

6.5.2 VIGAS LONGITUDINAIS

l = 10,00

q = 751 X = 75,1

ADOPTA-SE 25/150

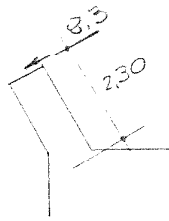
$$A_s = 25 \text{ cm}^2$$

TX 150 kg/m <sup>3</sup>
--------------------------

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNCATE \_\_\_\_\_  
 Objeto: ESTAB - PREDIM \_\_\_\_\_

7. BLOCOS DE ANCORAGEM E APOIOS DAS ADUTORAS

7.1. BL 2 - EBI-1.



MACIÇO

$\eta = 3,3 \times 2,3 = 19$

$A_s = 0,33 \times \frac{1900}{95} = 6,6 \text{ cm}^2$

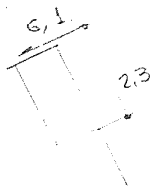
ADOPTA-SE  $A_{s \text{ min}} = \phi 16 \text{ c}/20$

$TAXA = \frac{20 \times 1,64}{1} \times 1,17 = 39$

$\frac{20 \times 1,64}{1,9} \times 1,17 = 20$

TAXA MÉDIA 25 kg/m <sup>3</sup>
---------------------------------

7.2. BL 3 - EBI-1.



$A_{s \text{ min}} \phi 16 \text{ c}/20$

TAXA 40 kg/m <sup>3</sup>
---------------------------

7.3. BLOCO UNIFICADO EBI-1.

$F_{\text{TRAÇÃO DESVIO}} = 174$

$A_s = 87 \text{ cm}^2$  20  $\phi$  25 c/20 em 4 m.  
 ou 5  $\phi$  25 em 1 m  $\phi$  25 c/20

$TAXA = \frac{20 \times 4}{5,2} \times 1,25 = 20 \text{ kg/m}^3$

ADOPTA-SE 30 "

7.4. BL 2/BL 3 - EBI-2.

ADOPTA-SE TAXA 20 kg/m<sup>3</sup>.

7.5. BL 4 - EBI 2

ESFORÇO DE TRAÇÃO 134 t  $A_s = 67 \text{ cm}^2$  14  $\phi$  25

ADOPTA-SE TAXA 20 kg/m<sup>3</sup>.

7.6. BL 5/BL 6 - EBI.2

TAXA 30 kg/m<sup>3</sup>

7.7. BL 7 - EBI.2.

TAXA 20 kg/m<sup>3</sup>

085 BLOCOS EBI-3 - ANÁLOGOS AOS DOS EBI-2

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNDATE Objeto: ESTAB - PREDIM Rur. O<sub>Δ</sub>

VI - QUANTIDADE DE MATERIAIS

1. EBI-1 TOMADA D'ÁGUA

ITEMS	CONCRETO		FORMAS m <sup>2</sup>	TX ARMAD.	ARMAD. (t)
		m <sup>3</sup>			
LAJE FUNDAÇÃO	A	1.679,2	78,1	30	50,4
PAREDES DIVISÓRIAS	A	5316,2	6503,0	76	403,0
PAREDE FUNDO + MÍSLAS	A	673,4	792,8	70	47,2
LAJE DE COBERTURA	B	287,1	717,7	80	23,0
LAJE DE APOIO BOMBA	B	263,8	362,4	60	15,9
PAREDE INTERNA	B	283,5	1147,5	82	23,3
PAREDE EXTERNA + LAJE DE TOMADAS	B	201,4	1161,0	75	15,2
SEPTO SOB BOMBA	B	75,0	317,0	30	2,3

RESUMO

CONCRETO TIPO A = 7668,8 m<sup>3</sup>  
 " TIPO B = 1.111 m<sup>3</sup>  
 FORMAS = 11.080 m<sup>2</sup>  
 ARMADURA = 580 t

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNCATE  
 Objeto: ESTAB - PREDIM R. D.

2- EBI-2- TOMADA D'ÁGUA

ITENS	TIPO	CONCRETO	FORMAS	TX	ARMAD.
		m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>	ARMAD.	(t)
LAJE FUNDAÇÃO	A	2.275,5	101,8	35	79,7
PAREDES DIVISÓRIAS	A	6.690,0	5886,0	40	270,0
PAREDE DE FUNDO + MÍGULAS	A	618,1	735,4	60	37,1
LAJE COBERTURA	B	449,8	1024,3	100	41,0
LAJE APOIO DE BOMBA	B	503,0	536,3	65	32,7
PAREDE INTERNA	B	260,2	1057,8	86	22,4
PAREDE EXTERNA + LQJC TOMADA	B	193,9	1088,1	75	14,6
SEPTO SOB BOMBA	B	66,8	190,6	30	2,1
ESTR. APOIO DO MOTOR	B	1.581,0	3734,0	92,3	146,0

RESUMO  
 CONCRETO TIPO A = 9.584 m<sup>3</sup>  
 " TIPO B = 3055 m<sup>3</sup>  
 FORMAS 14.354 m<sup>2</sup>  
 ARMADURA 646 t

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNDATE \_\_\_\_\_  
 Objeto: ESTAB - PREDIM Rev. 02

### 3. EBI 3 - TOMADA D'ÁGUA

ITENS	CONCRETO		FORMAS (m <sup>2</sup> )	TX. ARMAD (kg/m <sup>3</sup> )	ARMADURA (t)
	TIPO	(m <sup>3</sup> )			
LATJE FUNDAÇÃO	A	2.386,5	101,8	60	143,2
PARDES DIVISÓRIAS	A	8.217,4	6576,0	40	330,0
PLREDF FUNDO+MIGUIAS	A	752,3	895,1	60	45,1
LATJE COBFRTURA	B	509,6	1120,5	100	51,0
LATJE APOIO BOMBAS	B	512,1	482,1	65	33,3
PLREDF USTFRIDA	B	328,9	1328,0	85,7	28,2
PLREDF EXTERNA - LATJE TOMADA	B	308,3	1660,5	60	18,5
SEPTO DE SOBRES	B	52,6	277,0	30	1,6
ESTR. APOIO NOTOR	B	1581,0	3731,0	92,3	146,0

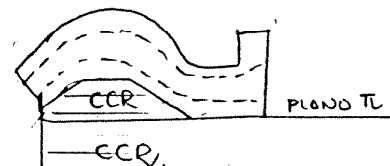
RESUMO CONCRETO TIPO A = 11.356 m<sup>3</sup>  
 " TIPO B = 3.293 m<sup>3</sup>  
 FORMAS = 16.175 m<sup>2</sup>  
 ARMADURA = 797 t

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_

Cliente: FUNDATE

Objeto: ESTAB - PREDIM

4 - DESAGÜE EBI-1



ITEM	CONCRETO (m³)	FORMA (m²)	TAXA (kg/m³)	ARMADURA (t)
CCR - ACIMA DO PLANO π	3272	—	—	—
CCR - ABAIXO DO PLANO π	13057	1576	—	—
CONCRETO TIPO B (25MPa)	3596	5196	60	216

5 - DESAGÜE EBI-2

ITEM	CONCRETO (m³)	FORMA (m²)	TAXA (kg/m³)	ARMADURA (t)
CCR - ACIMA DO PLANO π	3074	—	—	—
CCR - ABAIXO DO PLANO π	5829	736	—	—
CONCRETO TIPO B	2558	3412	60	154

Projeto: TRANSDUÇÃO  
 Cliente: FUNDATE  
 Objeto: ESTAB - PREDIM

Código:

6 - DESAGUE EBI-3

ITEM	VOLUME DE CONCRETO (m³)	FORMAS (m²)	TAXA ARMADURA (kg/m³)	ARMADURA (t)
CCR (ACIMA DO PLANO DE FUNDAÇÃO II)	3074	—	—	—
ADMITI-SE FUNDAÇÃO PLANO EM ROCHA				
CONCRETO TIPO "B" DUTO	2558	3412	60	154

NOTA: LAJES DO FUNDO DO RESERVATÓRIO E LAJES DA ENCOSTA PARA PROTEÇÃO DO TALUDE E IMPERMEABILIZAÇÃO.

P/1 DESAGUE

CONCRETO CLASSE (B) 25MPa	1148 m <sup>3</sup>
CONCRETO MACRO	209 m <sup>3</sup>
FORMAS	1290 m <sup>2</sup>



Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNDATE Objeto: ESTAB - PREDIM

7 - SUPERESTRUTURA EBI-1.

- CONCRETO TIPO B

ITENS	CONCRETO (m³)	FORMA (m²)	TAXA DEM (kg/m³)	ARMADURA (t)
VIGA CALHA - COMANDO	23	265	120	2,8
VIGA COBERT. - COMANDO - EXTERNA	11	129	150	1,7
VIGA PISO - COMANDO - EXTERNA	16	184	150	2,4
LAJE COBERTURA - COMANDO	62	411	50	3,5
LAJE PISO - COMANDO	83	411	80	6,7
PILARES - COMANDO	16	160	100	1,6
ESCALA - COMANDO	2	15	50	0,1
VIGA CALHA - ED BOMBAS	62	669	120	7,5
VIGA PONTA ROLANTE + LAJE	104	532	120	9,1
VIGAS FECHAMENTO - APOIO DE ALV	79	994	190	15,0
VIGA - PISO CONTROLE - EXTERNA	20	181	170	2,4
VIGA - PISO CONTROLE - INTERNA	24	216	150	3,6
VIGAS FECHAMENTO LATERAL	26	299	70	1,9
PILARES	480	1926	120	57,6
PILARETES COBERTURA	18	166	180	3,3
Σ	1026	6558		119,2

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNDATE Objeto: ESTAB - PREDIM

B SUPERESTRUTURA EBI-2 = EBI-3

ITENS	CONCRETO (m³)	FORMA (m²)	TAXA ARMAD. (kg/m³)	ARMADURA (t)
VIGA CLUZ - COMANDO	34	363	140	4,8
VIGA COBERT - COMANDO - EXTERNA	18	203	160	2,9
VIGA PISO - COMANDO - EXTERNA	21	239	170	3,6
LAJE COBERTURA - COMANDO	93	615	100	9,3
LAJE PISO - COMANDO	153	615	100	15,3
PILARES - COMANDO	16	160	100	1,6
ESCADA - COMANDO	2	15	50	0,1
VIGA CELA - ED. BOMBA	93	1018	130	12,1
VIGA PUTE BOMBA + LAJE	170	822	120	20,4
VIGAS FECHAMENTO - LADO DE LUZ	117	1397	170	20,0
VIGA PISO CONTROL - EXTERNA	37	323	150	5,6
VIGAS FECHAMENTO LATERAL	37	424	80	3,0
PILARES	560	2248	120	67,2
PILARES COBERTURA	18	166	180	3,3
	2 1364	8.608		169,2

EBI 2 + EBI 3 { CONCRETO TIPO B (25MPa) 1364x2 = 2728 m³  
 FORMAS 8.608x2 = 17.216 m²  
 AÇO CA-50A 169,2x2 = 338 t

Projeto: TRANSPOSIÇÃO

Código: \_\_\_\_\_

Cliente: FUNCATE

Objeto: ESTAB - PREDIM

9 - BLOCOS DE ANCORAGEM E APOIO DAS ADUTORAS

		CONCRETO (m <sup>3</sup> )	FORMA (m <sup>2</sup> )	TAXA (kg/m <sup>3</sup> )	ARMADURA
EBI-1	BL 2	35	38	25	0,9
	BL 3	51	108	40	2,1
BLOCO UNIFICADO		4860	523	30	146,0
EBI-2	BL 1	24 <sup>*</sup>	24	-	0,0
	BL 2	32	20	20	0,7
	2x BL 3	2,205 = 41	2,226 = 52	20	0,9
	BL 4	73	27	20	1,5
	11x BL 5 (BL 6)	11,13 = 113	11,24 = 264	20	2,8
	BL 7	68	66	10	0,7
BLOCO UNIFICADO		4860	523	30	146,0
EBI-3	BL 1	24 <sup>*</sup>	24	-	0,0
	BL 2	32	20	20	0,7
	5x BL 3	5,205 = 103	5,226 = 130	20	2,1
	BL 4	73	27	20	1,5
	18x BL 5	18,13 = 234	18,24 = 432	20	4,6
	BL 6	30	27	10	0,3
	6x BL 7	6,16 = 96	6,22 = 132	10	1,0
	BL 8	68	66	10	0,7

\* CONCRETO MAGRO

RESUMO :      CONCRETO MAGRO      48 m<sup>3</sup>  
 CONCRETO TIPO A (15MPa)      10.799 m<sup>3</sup>  
 FORMAS      2.503 m<sup>2</sup>  
 ARMADURA      313 t

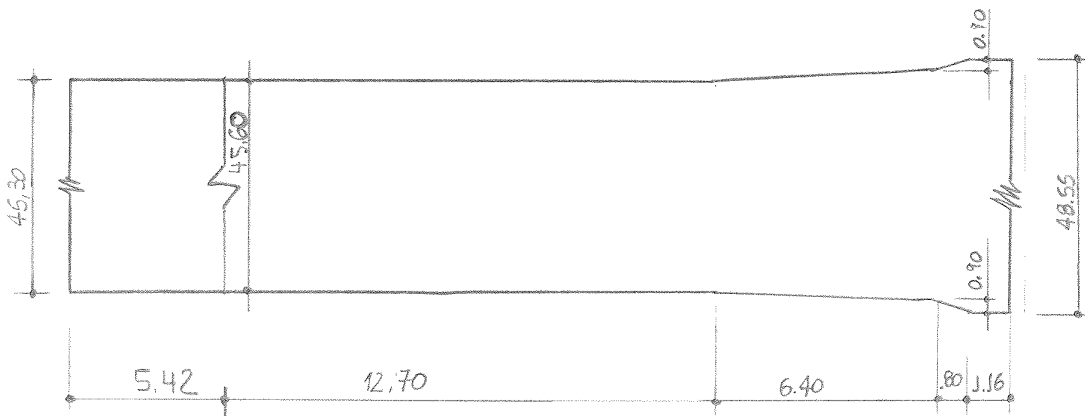
Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNDATE Objeto: ESTAB - PREDIM

10- RESUMO GERAL - QUANTIDADE

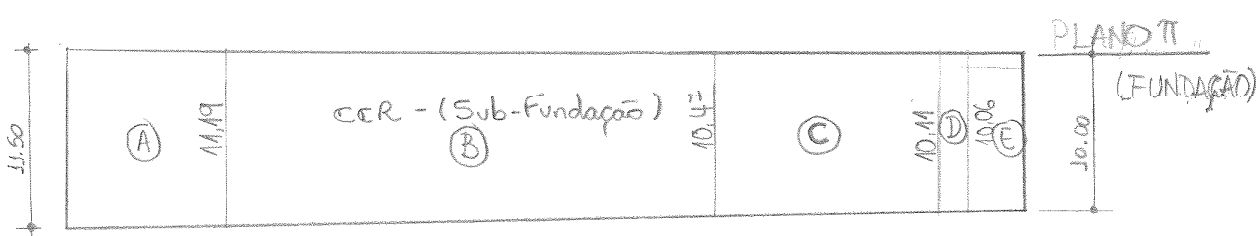
ESTRUTURAS		CONCR. NEGRO (m <sup>3</sup> )	CCR (m <sup>3</sup> )	CONCR. TIPO A (m <sup>3</sup> )	CONCR. TIPO B (m <sup>3</sup> )	FORMA (m <sup>2</sup> )	ARMADURA (t)
TOM. D'ÁGUA	EBJ - 1			7.657	1.111	11.080	580
	- 2			9.584	3.055	14.354	646
	- 3			11.356	3.293	16.175	797
DESAGÜE	EBJ - 1		16329		3596	6772	216
	- 2		8903		2558	4175	154
	- 3		3074		2558	3412	154
SUPER ESTRUTURAS	EBJ - 1				1026	6558	120
	- 2				1369	8.608	169
	- 3				1369	8.608	170
BLOCOS ANC. APOIO	EBJ - 1			86		146	3
	- 2	24		5217		976	153
	3	24		5496		1381	157
PROTEÇÃO RESERV. ATE 31m DO DESAGUE 1/3 UNIDADES		627			3.444	3870	20
TOTAL		675	28306	39.408	23379	86115	3339

Projeto: TRANSPOSIÇÃO  
 Cliente: FUNDATE  
 Objeto: ESTAB - PREDIM

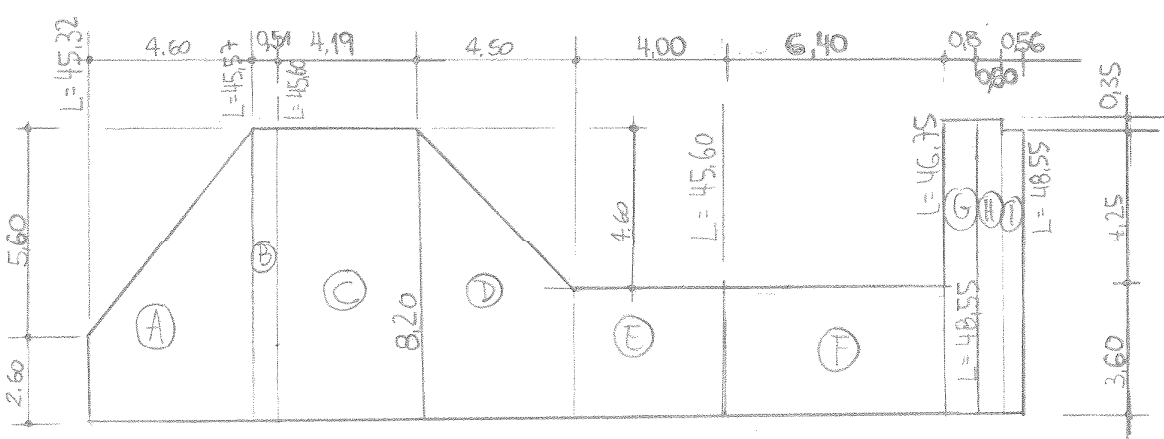
ANEXO - Quantitativos dos Deságues  
DESÁGUE - EB 1-1



PLANTA - PLANO II



CORTE - SUB-FUNDAÇÃO

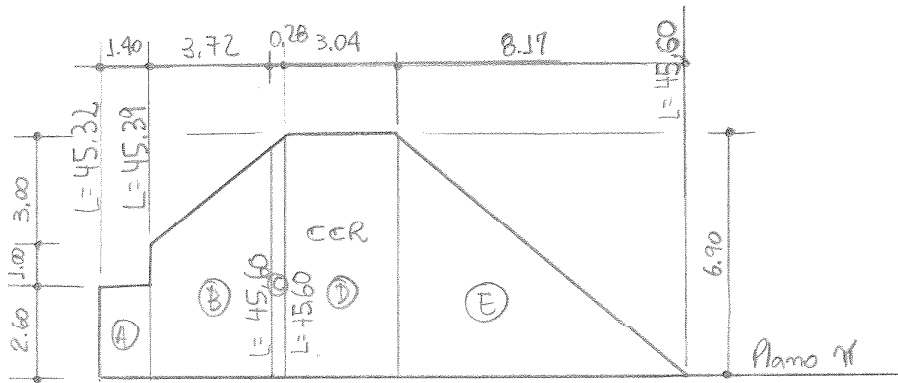


CORTE - BASE

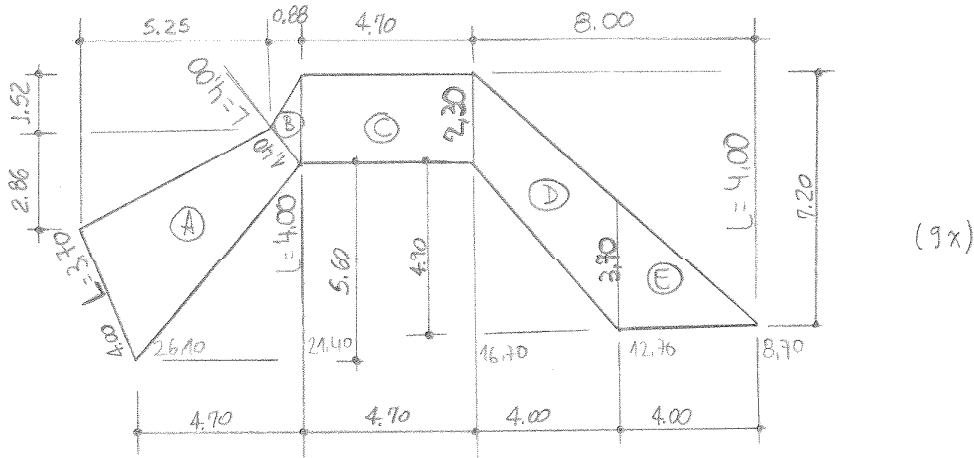
Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_

Ciente: FUNGATE \_\_\_\_\_

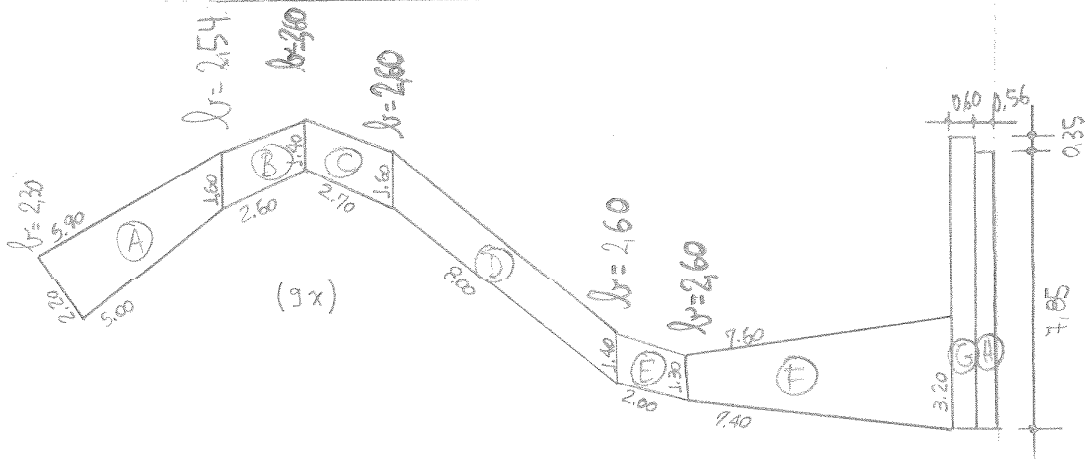
Objeto: ESTAB - PREDIM. \_\_\_\_\_



CORTE - NÚCLEO "CCR"



CORTE - ENVOLTÓRIA DO DUTO



CORTE - VAZIO DO DUTO

PROJETO: TRANSPOSIÇÃO CÓDIGO: \_\_\_\_\_

CLIENTE: FUNCAFE

OBJETO: ESTAB - PREDIM.

QUANTITATIVO

1- SUB FUNDAÇÃO (ABAIXO DO PLANO  $\pi$ )

1.1 CONCRETO "CCR"

$$\textcircled{A} = \frac{(11,50 + 11,19)}{2} \times 5,42 \times \frac{(45,30 + 45,60)}{2} = 2794,72$$

$$\textcircled{B} = \frac{(11,19 + 10,47)}{2} \times 12,70 \times 45,60 = 6271,87$$

$$\textcircled{C} = \frac{(10,47 + 10,11)}{2} \times 6,40 \times \frac{(45,60 + 46,75)}{2} = 3040,90$$

$$\textcircled{D} = \frac{(10,11 + 10,06)}{2} \times 0,8 \times \frac{(46,75 + 48,55)}{2} = 384,44$$

$$\textcircled{E} = \frac{(10,06 + 10,00)}{2} \times 1,16 \times 48,55 = 564,87$$

$$V = 13056,8 \text{ m}^3$$

$$13056,8 \text{ m}^3$$

1.2 FORMAS

$$F = 45,30 \times 11,50 + 48,55 \times 10,00 + 2 \times 26,48 \times 10,75 = 1575,77 \text{ m}^2$$

$$F = 1575,77 \text{ m}^2$$

2- BASE

2.1 VOLUME DA ENVOLTÓRIA

$$\textcircled{A} = \frac{(2,60 + 8,20)}{2} \times 4,60 \times \frac{(45,32 + 45,57)}{2} = 1128,85$$

$$\textcircled{B} = 8,20 \times 0,51 \times \frac{(45,57 + 45,60)}{2} = 190,64$$

$$\textcircled{C} = 8,20 \times 4,19 \times 45,60 = 1566,72$$

$$\textcircled{D} = \frac{(8,20 + 3,60)}{2} \times 4,50 \times 45,60 = 1210,68$$

PROJETO: TRANSPOSIÇÃO CÓDIGO: \_\_\_\_\_

CLIENTE: FUNDATE

OBJETO: ESTAB - PREDIM.

$$\textcircled{E} = 4,0 \times 3,60 \times 45,60 = 656,64$$

$$\textcircled{F} = 6,40 \times 3,60 \times \frac{(45,60 + 46,75)}{2} = 1063,87$$

$$\textcircled{G} = 0,80 \times 8,20 \times \frac{(46,75 + 48,55)}{2} = 312,58$$

$$\textcircled{H} = 0,60 \times 8,20 \times 48,55 = 238,87$$

$$\textcircled{I} = 0,56 \times 7,85 \times 48,55 = 213,43$$

$$\underline{6582,28}$$

$$V = 6582,28 \text{ m}^3$$

## 2.2 FORMAS

$$2,60 \times 45,30 = 117,78$$

$$2 \times \left[ \frac{(2,60 + 8,20)}{2} \times 4,60 + 4,70 \times 8,20 + \frac{(8,20 + 3,60)}{2} \times 4,50 + 3,60 \times 10,40 + 1,96 \times 8,20 \right] = 286,88$$

$$8 \times \frac{(1,5 + 1,2)}{2} \times 6,6 + 46,35 \times 5,50 = 326,29$$

$$4,60 \times 46,75 + 3,90 \times 9 \times 8,20 + 2 \times 8,20 \times 0,85 = 516,81$$

$$\underline{1247,68}$$

$$F = 1247,68 \text{ m}^2$$



PROJETO: TRANSPOSIÇÃO

CÓDIGO: \_\_\_\_\_

CLIENTE: FUNDATE

OBJETO: ESTAB - PREDIM.

3 - NÚCLEO - "CCR"

$$A = 1,40 \times 2,60 \times \frac{(45,32 + 45,39)}{2} = 165,09$$

$$B = 3,72 \times \frac{(2,60 + 6,60)}{2} \times \frac{(45,39 + 45,60)}{2} = 778,51$$

$$C = 0,28 \times \frac{(6,60 + 6,90)}{2} \times 45,60 = 86,18$$

$$D = 3,04 \times 6,90 \times 45,60 = 956,51$$

$$E = \frac{6,90 \times 8,17}{2} \times 45,60 = 1285,30$$

$$V = 3271,59 \text{ m}^3$$

$$3271,59$$

$$\text{CONCRETO BASE - TIPO B} = 6582,28 - 3271,59 = 3310,69 \text{ m}^3$$

4 - ENVOLTÓRIA DO DUTO

VOLUME

$$A = \frac{(1,40 + 4,00)}{2} \times 6,20 \times \frac{(3,70 + 4,00)}{2} = 64,45$$

$$B = \frac{2,30 \times 0,88}{2} \times 4,00 = 4,05$$

$$C = 2,30 \times 4,70 \times 4,00 = 43,24$$

$$D = \frac{(2,30 + 4,70)}{2} \times 4,00 \times 4,00 = 56,00$$

$$E = \frac{3,70 \times 4,00}{2} \times 4,00 = 29,60$$

$$197,34$$

$$9 \text{ DUTOS} = 9 \times 197,34 = 1776,06 \text{ m}^3$$

PROJETO: TRANSPOSIÇÃO

CÓDIGO: \_\_\_\_\_

CLIENTE: FUNCATE

OBJETO: ESTAB - PREDIM.

FORMAS

$$9 \times \left( 3,70 \times 4,00 - \frac{\pi \times 3,0^2}{4} \right) = 69,58$$

$$9 \times 10,6 \times 4,00 + 9 \times 1,70 \times 4,0 = 442,80$$

$$18 \times \left[ \frac{(3,70 + 1,40) \times 6,20}{2} + \frac{2,30 \times 0,88}{2} + 4,70 \times 2,30 + \right. \\ \left. + \frac{(2,30 + 3,70) \times 4,00}{2} + \frac{3,70 \times 4,00}{2} \right] = 846,58$$

$$1358,96$$

F - 1358,96 m <sup>2</sup>
----------------------------

5 - VAZIOS DO DUTO

5-1 VOLUME DE VAZIOS DE UM DUTO

$$\textcircled{A} = \frac{(1,60 + 2,20)}{2} \times 5,20 \times \frac{(2,30 + 2,54)}{2} = 23,91$$

$$\textcircled{B} = \frac{(1,40 + 1,60)}{2} \times 2,40 \times 2,57 = 9,25$$

$$\textcircled{C} = \frac{(1,40 + 1,60)}{2} \times 2,30 \times 2,60 = 8,97$$

$$\textcircled{D} = 1,5 \times 6,20 \times 2,60 = 24,18$$

$$\textcircled{E} = 1,35 \times 2,00 \times 2,60 = 7,02$$

$$\textcircled{F} = \frac{(1,30 + 3,20)}{2} \times 7,54 \times \frac{(2,60 + 3,95)}{2} = 55,56$$

$$\textcircled{G} = 8,20 \times 0,60 \times 3,95 = 19,43$$

$$\textcircled{H} = 7,85 \times 0,56 \times 3,95 = 17,36$$

VOLUME TOTAL DE VAZIOS = 9 x 165,68 = 1491,12 m <sup>3</sup>	165,68
--	--------

PROJETO: TRANSPOSIÇÃO

CÓDIGO: \_\_\_\_\_

CLIENTE: FUNCATE

OBJETO: ESTAB - PREDIM

$$\begin{aligned} \text{VOLUME DE CONCRETO DA ESTRUTURA (BASE+DUTOS)} &= \\ &= 3310,69 + 1776,06 - 1491,12 = 3595,63 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

### 5.2 FORMAS

$$\textcircled{A} = 2 \times \left( \frac{2,20+1,60}{2} + \frac{2,3+2,57}{2} \right) \times 5,2 - \frac{1,15 \times 5,2 \times 8}{2} + \frac{\pi \times 2,3 \times 5,2}{2} = 39,95$$

$$\textcircled{B} = 2 \times \left( \frac{1,60+1,40}{2} \right) \times 2,40 + 2,60 \times 2,59 = 13,93$$

$$\textcircled{C} = 2 \times 1,50 \times 2,30 + 2 \times 2,70 \times 2,60 = 20,94$$

$$\textcircled{D} = 2 \times 1,50 \times 6,20 + 2 \times 8,00 \times 2,60 = 60,20$$

$$\textcircled{E} = 2 \times 1,35 \times 2,00 + 2 \times 2,00 \times 2,60 = 15,80$$

$$\textcircled{F} = 2 \times \left( \frac{1,30+3,20}{2} \right) \times 7,54 + 2 \times 7,60 \times \left( \frac{2,60+3,95}{2} \right) = 83,71$$

$$\textcircled{G} = 2 \times 0,8 \times 8,20 + 5,00 \times 3,95 = 32,87$$

$$\textcircled{H} = 2 \times 0,56 \times 7,85 + 4 \times 0,35 \times 8,20 = 20,27$$

287,67

$\text{FORMAS DO DUTO} = 9 \times 287,67 = 2589,03 \text{ m}^2$
---

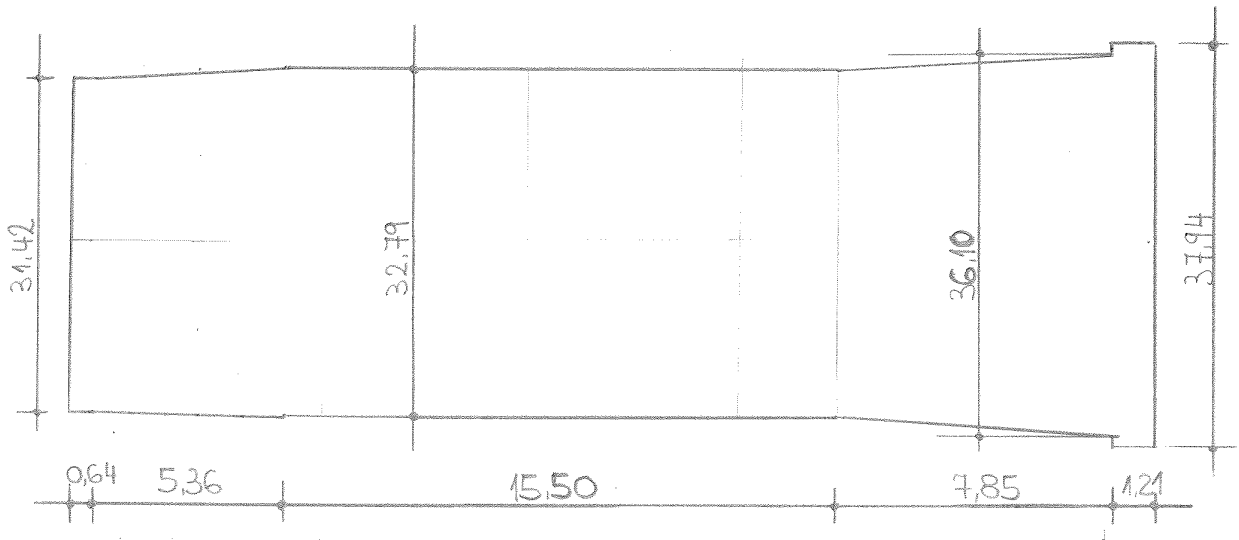
Projeto: TRANSPosição

Código: \_\_\_\_\_

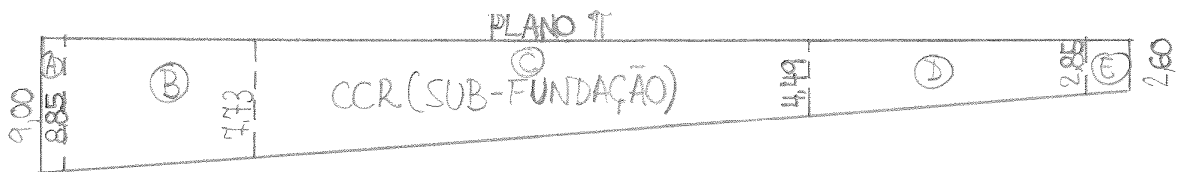
Cliente: FUNDATE

Objeto: ESTAB - PREDIM.

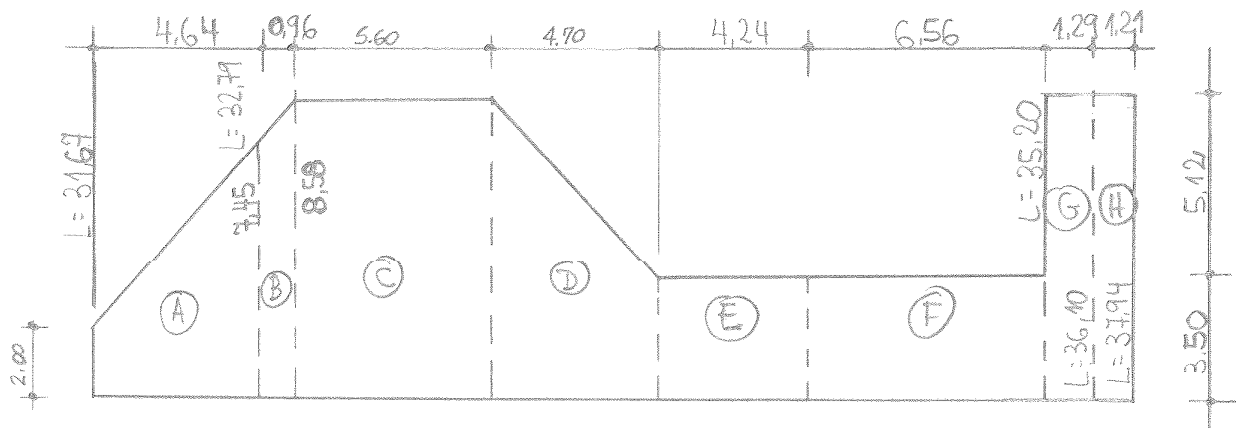
EB 1.2 ≈ EB 1.3



PLANTA - PLANO II (FUNDAÇÃO)



CORTE - SUB-FUNDAÇÃO

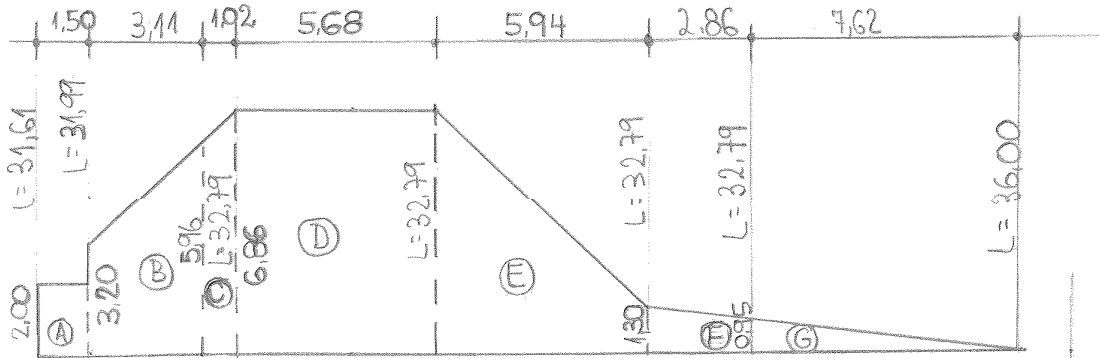


CORTE - BASE

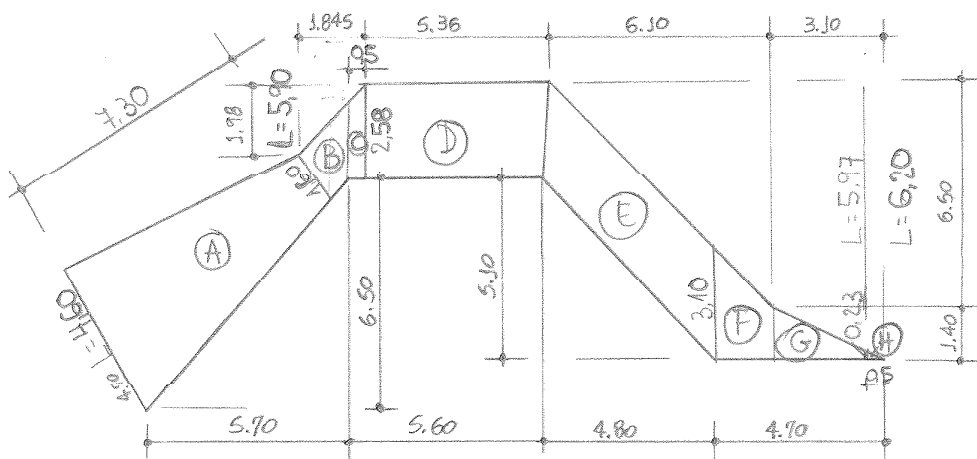
Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_

Cliente: FUNCATE

Objeto: ESTAB - PREDIM.

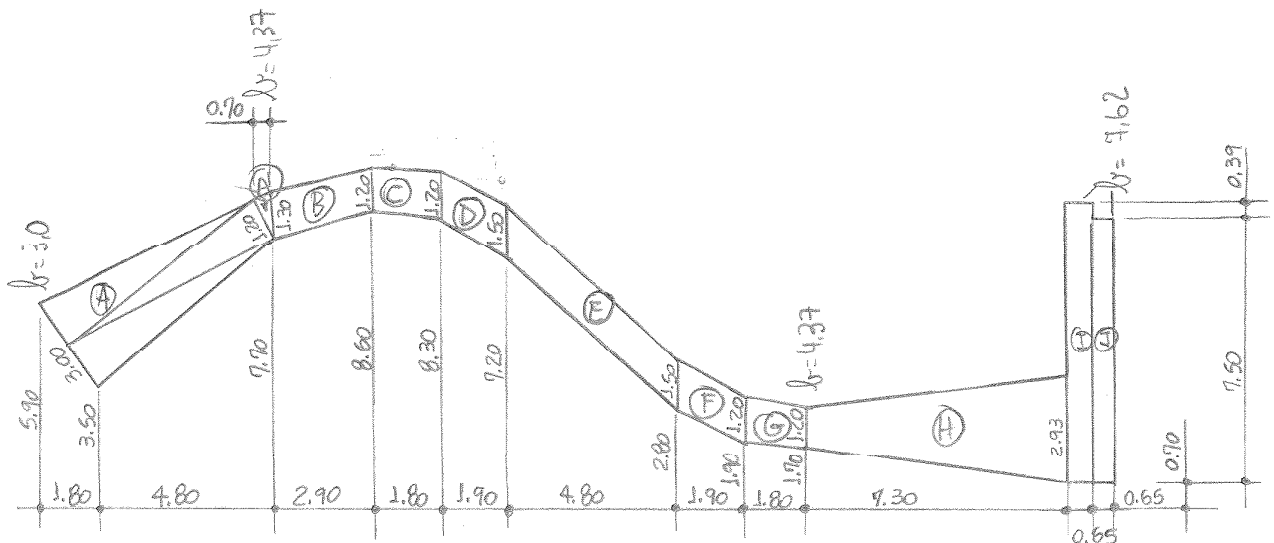


CORTE - NÚCLEO "CCR"



CORTE - ENVOLTÓRIA DO DUTO

Projeto: TRANSPOSIÇÃO  
 Cliente: FUNDATE  
 Objeto: ESTAB - PREDIM.



CORTE - VAZIO DO DUTO

Projeto: TRANSPOSIÇÃO Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNDATE  
 Objeto: ESTAB. - PREDIM

QUANTITATIVO

1. SUB-FUNDAÇÃO (ABAIXO DO PLANO π) - SOMENTE EB-2

1.1 CONCRETO "CCR"

$$\textcircled{A} = 0,64 \times 31,42 \times \frac{(9,00 + 8,85)}{2} = 179,47$$

$$\textcircled{B} = 5,36 \times \frac{(31,42 + 32,79)}{2} \times \frac{(8,85 + 7,73)}{2} = 1426,57$$

$$\textcircled{C} = 15,50 \times 32,79 \times \frac{(7,73 + 4,49)}{2} = 3105,38$$

$$\textcircled{D} = 7,85 \times \frac{(32,79 + 36,10)}{2} \times \frac{(4,49 + 2,85)}{2} = 992,34$$

$$\textcircled{E} = 1,29 \times 37,94 \times \frac{(2,85 + 2,60)}{2} = 125,10$$

$$5828,86 \text{ m}^3$$

$$V = 5828,86 \text{ m}^3$$

1.2 FORMAS

$$F = 9,0 \times 31,42 + 37,94 \times 2,6 + \frac{(9,0 + 2,6)}{2} \times 30,56 \times 2 = 735,92 \text{ m}^2$$

$$F = 735,92 \text{ m}^2$$

2. BASE

2.1 VOLUME

$$\textcircled{A} = \frac{(2,00 + 7,45)}{2} \times 4,64 \times \frac{(31,67 + 32,79)}{2} = 706,61$$

$$\textcircled{B} = \frac{(7,45 + 8,58)}{2} \times 0,96 \times 32,79 = 252,30 \quad V = 5514,93 \text{ m}^3$$

$$\textcircled{C} + \textcircled{D} + \textcircled{E} = [ (8,58 \times 5,60) + \frac{(8,58 + 3,50)}{2} \times 4,70 + 4,24 \times 3,50 ] \times 32,79 = 2992,94$$

$$\textcircled{F} + \textcircled{G} + \textcircled{H} = (3,50 \times 6,56) \times \frac{(32,79 + 35,20)}{2} + 8,62 \times 1,29 \times \frac{(35,20 + 36,10)}{2} + 8,62 \times 1,29 \times \frac{(36,10 + 37,94)}{2} = 1563,08$$

Projeto: TRANSPOSIÇÃO

Código: .....

Cliente: FUNCATE

Objeto: ESTAB. - PREDIM.

2.2 FORMAS

$$2,00 \times 31,42 = 62,84$$

$$2 \cdot \left[ \frac{2,00+8,58}{2} \times 5,60 + 8,58 \times 5,60 + \frac{8,58+3,50}{2} \times 4,70 + 10,80 \times 3,50 + 8,62 \times 2,5 \right] = 330,82$$

$$4 \cdot \left[ \frac{4,34+2,97}{2} \times 7,0 + \frac{2,97+2,0}{2} \times 5,0 \right] = 152,04$$

$$5,12 \times 35,20 + 6,32 \times 8,22 + 0,4 \times 37,94 = 247,35$$

$$F = 793,0 \text{ m}^2$$

$$F = 793,0$$

3- NÚCLEO - "CCR"

$$\textcircled{A} = 2,0 \times 1,50 \times \left( \frac{31,99 + 31,61}{2} \right) = 95,40 \text{ m}^3$$

$$\textcircled{B} = \left( \frac{3,20 + 5,96}{2} \right) \times 3,11 \times \left( \frac{32,79 + 31,99}{2} \right) = 461,36 \text{ m}^3$$

$$\textcircled{C} = \left( \frac{5,96 + 6,86}{2} \right) \times 1,02 \times 32,79 = 214,39 \text{ m}^3$$

$$\textcircled{D} = 6,86 \times 5,68 \times 32,79 = 1277,66 \text{ m}^3$$

$$\textcircled{E} = \left( \frac{6,86 + 1,30}{2} \right) \times 5,74 \times 32,79 = 794,67 \text{ m}^3$$

$$V = 3073,47 \text{ m}^3$$

$$\textcircled{F} = \left( \frac{1,30 + 0,95}{2} \right) \times 2,86 \times 32,79 = 105,50 \text{ m}^3$$

$$\textcircled{G} = \frac{0,95 \times 7,62}{2} \times \left( \frac{32,79 + 36,00}{2} \right) = 124,49 \text{ m}^3$$

$$3073,47$$

$$\text{CONCRETO DA BASE (TIPO B)} = 5514,93 - 3073,47 = 2441,46 \text{ m}^3$$



PROJETO: TRANSPOSIÇÃO CÓDIGO: \_\_\_\_\_

CLIENTE: FUNDATE

OBJETO: ESTAB- PREDIM.

4- ENVOLTÓRIA DO DUTO

$$\textcircled{A} - \frac{(1,60 + 4,60)}{2} \times 7,30 \times \frac{(4,60 + 5,90)}{2} = 118,8$$

$$\textcircled{B} - 5,90 \times \left[ 2,10 \times 0,5 + \frac{2,10 \times 0,845}{2} \right] = 11,4$$

$$\textcircled{C} = \frac{(2,10 + 2,58)}{2} \times 0,5 \times 5,97 = 7,0$$

$$\textcircled{D} = 5,36 \times 2,58 \times 5,97 = 82,6$$

$$\textcircled{E} = \frac{(2,58 + 3,10)}{2} \times 4,80 \times 5,97 = 81,4$$

$$\textcircled{F} = \frac{(3,10 + 1,40)}{2} \times 1,60 \times 5,97 = 21,5$$

$$\textcircled{G} = \frac{(1,40 + 0,23)}{2} \times 2,60 \times 5,97 = 12,7$$

$$\textcircled{H} = \frac{0,23 \times 0,5}{2} \times \frac{(5,97 + 6,20)}{2} = 0,3$$

335,7

$$4 \text{ DUTOS} = 4 \times 335,7 = 1342,8 \text{ m}^2$$

FORMAS

$$4 \times \left( 4,70 \times 4,60 - \frac{\pi \times 3,0^2}{4} \right) = 58,2$$

$$4 \times (2,70 \times 5,97 + 12,0 \times 5,97) = 351,0$$

$$8 \times \left[ \frac{(4,6 + 1,6)}{2} \times 7,3 + 2,10 \times 0,5 + \frac{2,10 \times 0,845}{2} + 5,36 \times 2,58 + \right.$$

$$\left. + \frac{(2,58 + 3,10)}{2} \times 4,80 + \frac{(3,10 + 1,40)}{2} \times 1,60 + \frac{(1,40 + 0,23)}{2} \times 2,60 + \right.$$

$$\left. + \frac{0,23 \times 0,5}{2} \right] = 462,4$$

$$F = 871,6 \text{ m}^2$$

871,6

Projeto: TRANSPOSIÇÃO

Código:

Cliente: FUNCATE

Objeto: ESTAB- PREDIM.

5 - VAZIOS DO DUTO

$$\textcircled{A} = \frac{(3,00+1,20)}{2} \times 6,40 \cdot \frac{(3,00+4,37)}{2} = 49,53$$

$$\textcircled{A} = \frac{1,30 \times 0,70}{2} \times 4,37 = 1,99$$

$$\textcircled{B} = \frac{(1,30+1,20)}{2} \times 2,90 \times 4,37 = 15,84$$

$$\textcircled{C} = 1,20 \times 1,80 \times 4,37 = 9,44$$

$$\textcircled{D} = \frac{(1,20+1,50)}{2} \times 1,90 \times 4,37 = 11,21$$

$$\textcircled{E} = 1,50 \times 4,80 \times 4,37 = 31,46$$

$$\textcircled{F} = \frac{(1,50+1,20)}{2} \times 1,90 \times 4,37 = 11,21$$

$$\textcircled{G} = 1,20 \times 1,80 \times 4,37 = 9,44$$

$$\textcircled{A} = \frac{(1,20+2,93)}{2} \times 7,30 \cdot \frac{(4,37+7,62)}{2} = 90,37$$

$$\textcircled{I} = 7,89 \times 0,65 \times 7,62 = 39,08$$

$$\textcircled{J} = 7,50 \times 0,65 \times 7,62 = 37,15$$

$\text{VOLUME TOTAL DE VAZIOS} = 4 \times 306,72 = 1226,88 \text{ m}^3$	306,72
---	--------

$$\begin{aligned} \text{VOLUME DE CONCRETO DA ESTRUTURA (BASE + DUTOS)} &= \\ &= 2441,46 + 1342,80 - 1226,88 = 2557,38 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Projeto: TRANSPosição Código: \_\_\_\_\_  
 Cliente: FUNDATE  
 Objeto: ESTAB. - PREDIM.

FORMAS

$$\textcircled{A} = 2 \left( \frac{3,00 + 4,37}{2} + \frac{3,00 + 1,20}{2} \right) \times 6,40 - \frac{3,00 \times 3,00 \times 6,40}{3} + \frac{\pi \times 1,5^2 \times 6,40}{3} = 69,93$$

$$\textcircled{A} = 2 \times \frac{1,30 \times 0,70}{2} + 0,70 \times 4,37 = 3,97$$

$$\textcircled{B} = 2 \times \left( \frac{1,30 + 1,20}{2} \right) \times 2,90 + 2,90 \times 4,37 = 19,92$$

$$\textcircled{C} = 2 \times 1,80 \times 1,20 + 2 \times 1,80 \times 4,37 = 20,05$$

$$\textcircled{D} = 2 \times \left( \frac{1,20 + 1,50}{2} \right) \times 1,90 + 2 \times 1,90 \times 4,37 = 21,74$$

$$\textcircled{E} = 2 \times 1,50 \times 4,80 + 2 \times 6,40 \times 4,37 = 40,34$$

$$\textcircled{F} = 2 \times \left( \frac{1,50 + 1,20}{2} \right) \times 1,90 + 2 \times 1,90 \times 4,37 = 21,74$$

$$\textcircled{G} = 2 \times 1,20 \times 1,80 + 2 \times 1,80 \times 4,37 = 20,05$$

$$\textcircled{H} = 2 \times \left( \frac{1,20 + 2,93}{2} \right) \times 7,30 + 2 \times 7,30 \times \left( \frac{4,37 + 7,62}{2} \right) = 117,67$$

$$\textcircled{I} = 2 \times 0,65 \times 7,89 + 5,12 \times 7,62 = 49,27$$

$$\textcircled{J} = 2 \times 0,65 \times 7,50 + 4 \times 0,39 \times 7,89 = 22,05$$

436,73

FORMAS DO DUTO = $4 \times 436,73 = 1746,92 \text{ m}^2$
--

---

**ANEXO II**  
**MEMÓRIA DE CÁLCULO**  
**ESTUDOS DE TRANSITÓRIOS HIDRÁULICOS DAS**  
**ADUTORAS DE RECALQUE**

---

## 1. INTRODUÇÃO

O presente relatório trata das condições hidráulicas transitórias que ocorrem nos sistemas de bombeamento EB-I/1, EB-I/2 e EB-I/3 referentes ao Projeto Básico do Trecho I - Eixo Norte, do Projeto de Transposição de Águas do Rio São Francisco para o Nordeste Setentrional.

O estabelecimento de regime transitório é consequência do início ou fim de funcionamento programado ou acidental das bombas operacionais, sendo o caso mais grave a parada súbita do maior número de bombas em operação, por interrupção do fornecimento de energia elétrica.

Os transitórios gerados por partida das bombas, mesmo no caso da EBI-1, cujas bombas partem com a linha de descarga vazia, não deverão propiciar problemas graves a ponto de merecer análises mais acuradas. Com efeito, todas as bombas são de tipo "fluxo misto", isto é com velocidade específica moderadamente alta, adequadas para este tipo de partida. Por este motivo este tipo de transitório não foi abordado neste estudo.

Quanto aos transitórios gerados por parada súbita das bombas, verificou-se que, segundo o arranjo original, (mínimo de escavação em rocha) caso o sistema não estivesse convenientemente protegido, as condições hidráulicas transitórias, depois da parada súbita das bombas, originariam pressões negativas que em alguns casos atingiram o vácuo absoluto. Na ocorrência deste evento, ter-se-ia a separação da veia líquida ocasionando cavidades vazias em pontos ou trechos localizados dentro da tubulação, especialmente naqueles com cotas topográficas mais elevadas. Após as pressões negativas, seguir-se-iam pressões positivas que motivam o reencontro dos trechos de coluna líquida anteriormente separados, que poderia ser violento, com ruído, grande liberação de energia e de magnitude imprevisível. Este fenômeno é mais conhecido por "golpe de aríete genérico".

Mesmo no caso de não atingir o vácuo absoluto, as pressões negativas devem ser evitadas pois incidem nas tubulações em aço, de grande diâmetro, instaladas ao tempo, portanto com risco de colapso. Obviamente, esta precaução não é aplicada a parte que integra o sifão de descarga, onde deverá ocorrer pressão negativa em regime permanente.

Este trabalho abordou onde necessário, os meios de proteção mais adequados, indicando o respectivo dimensionamento da solução recomendada.

As análises e verificações foram feitas empregando-se modelo matemático para cômputo de transitórios em condutos forçados. Este é o modelo elástico resolvido pelo método das características.

## 2. PREMISSAS

Devido a que nesta fase do projeto não se dispõe ainda de dados definitivos de dimensões, características mecânicas, geometria, etc., foram feitas as hipóteses relacionadas a seguir. Salienta-se que todas elas são conservadoras e incidem no lado da segurança.

- a) A fim de analisar as situações mais desfavoráveis e considerando que elas ocorrem quando das máximas vazões, estas vazões foram calculadas mediante análises operacionais das curvas do sistema em função dos níveis máximo e mínimo de sucção e descarga contra as bombas pré-escolhidas;
- b) Os momentos de inércia considerados nos cálculos foram determinados com base a pesquisa junto a um fabricante de motores. O valor considerado resultou do momento de inércia do motor síncrono correspondente, acrescido em 10%;
- c) Para o cálculo da celeridade ou velocidade de onda, considerou-se uma relação  $D/d$ , (diâmetro/espessura) de 150, em todos os sistemas;
- d) O projeto considera descargas com sifão de escorva automática no fim de todas as linhas (vide Anexo III). Assim sendo, o caso mais crítico ocorrerá quando as correspondentes válvulas de quebra-vácuo, acidentalmente fiquem travadas impedindo a interrupção da sifonagem correspondente. Nesta circunstância, a água do canal receptor retornará indefinidamente ao poço de sucção, através das bombas que girarão em sentido reverso, indefinidamente até que o problema seja sanado. O presente estudo considera este caso;
- e) Em todos os casos foram empregadas curvas universais de bombas contidas na literatura especializada, correspondente a bombas de fluxo misto.

### 3. SISTEMA PROJETADO

#### 3.1 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

a) Dados de projeto das diversas áreas envolvidas.

b) Desenhos.

- **Estação de Bombeamento EB-I/1:**

261 - FUN - TSF - A1 - B 0028	Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-1 - Casa de Bombas - Arranjo Geral - Planta Elev. Plataforma – 331,60 m
261 - FUN - TSF - A1 - B 0029	Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-1 - Casa de Bombas - Arranjo Geral - Planta Elev. Fundo do Poço – 317,23 m e 335,60 m
261 - FUN - TSF - A1 - B 0030	Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-1 - Casa de Bombas - Arranjo Geral - Corte Transversal
261 - FUN - TSF - A1 - B 0031	Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-1 - Casa de Bombas - Arranjo Geral - Corte Longitudinal
261 - FUN - TSF - A1 - B 0223	Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-1 - Adutoras – Planta, Cortes e Detalhes
261 - FUN - TSF - A1 - B 0410	Eixo Norte - Trecho I - Estação Elevatória EB I-1 - Estrutura de Deságüe – Planta e Seção F
261 - FUN - TSF - A1 - B 0424	Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-1 - Implantação - Planta
262 - FUN - TSF - A1 - B 0425	Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-1 - Implantação - Cortes A e B
262 - FUN - TSF - A1 - B 0426	Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-1 - Implantação - Cortes C e D
261 - FUN - TSF - A1 - B 0456	Eixo Norte - Trecho I - Estação Elevatória EB I-1 - Estrutura de Deságüe – Seções A e B
261 - FUN - TSF - A1 - B 0457	Eixo Norte - Trecho I - Estação Elevatória EB I-1 - Estrutura de Deságüe - Seções C, D e E
261 - FUN - TSF - A1 - B 0458	Eixo Norte - Trecho I - Estação Elevatória EB I-1 - Estrutura de Deságüe – EL. 361,61

• **Estação de Bombeamento EB-I/2:**

261 - FUN - TSF - A1 - B 0105	Eixo Norte -Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-2 - Casa de Bombas - Arranjo Geral - Planta Elev. Plataforma – 356,51 m
261 - FUN - TSF - A1 - B 0106	Eixo Norte -Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-2 - Casa de Bombas - Arranjo Geral - Planta Elev. Fundo do Poço – 343,27m e 361,27m
261 - FUN - TSF - A1 - B 0107	Eixo Norte -Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-2 - Casa de Bombas - Arranjo Geral - Corte Transversal
261 - FUN - TSF - A1 - B 0108	Eixo Norte -Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-2 - Casa de Bombas - Arranjo Geral - Corte Longitudinal
261 - FUN - TSF - A1 - B 0229	Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-2 - Adutoras - Planta, Cortes e Detalhes
261 - FUN - TSF - A1 - B 0427	Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-2 - Implantação - Planta
262 - FUN - TSF - A1 - B 0428	Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-2 - Implantação - Cortes A e B
262 - FUN - TSF - A1 - B 0429	Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-2 - Implantação - Cortes C e D
261 - FUN - TSF - A1 - B 0459	Eixo Norte - Trecho I - Estação Elevatória EB I-2 - Estrutura de Deságüe - Planta
261 - FUN - TSF - A1 - B 0460	Eixo Norte - Trecho I - Estação Elevatória EB I-2 - Estrutura de Deságüe – Seções A e B
261 - FUN - TSF - A1 - B 0461	Eixo Norte - Trecho I - Estação Elevatória EB I-2 - Estrutura de Deságüe – Seções C, D e E
261 - FUN - TSF - A1 - B 0462	Eixo Norte - Trecho I - Estação Elevatória EB I-2 - Estrutura de Deságüe – El. 409,74 m

• **Estação de Bombeamento EB-I/3:**

261 - FUN - TSF - A1 - B 0160	Eixo Norte -Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-3 - Casa de Bombas - Arranjo Geral - Planta Elev. Plataforma – 407,51 m
261 - FUN - TSF - A1 - B 0161	Eixo Norte -Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-3 - Casa de Bombas - Arranjo Geral - Planta Elev. Fundo do Poço – 393,96 m e 412,21 m



261 - FUN - TSF - A1 - B 0162	Eixo Norte -Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-3 - Casa de Bombas - Arranjo Geral - Corte Transversal
261 - FUN - TSF - A1 - B 0163	Eixo Norte -Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-3 - Casa de Bombas - Arranjo Geral - Corte Longitudinal
261 - FUN - TSF - A1 - B 0235	Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-3 - Adutoras - Planta, Cortes e Detalhes
261 - FUN - TSF - A1 - B 0430	Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-3 - Implantação - Planta Fl. 1/3
261 - FUN - TSF - A1 - B 0431	Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-3 - Implantação - Planta Fl. 2/3
261 - FUN - TSF - A1 - B 0432	Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-3 - Implantação - Planta Fl. 3/3
261 - FUN - TSF - A1 - B 0433	Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-3 - Implantação - Corte B e C
261 - FUN - TSF - A1 - B 0434	Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-3 - Implantação - Cortes A, D e E
261 - FUN - TSF - A1 - B 0435	Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-3 - Implantação - Dique - Cortes F e G
261 - FUN - TSF - A1 - B 0463	Eixo Norte - Trecho I - Estação Elevatória EB I-3 - Estrutura de Deságüe - Planta
261 - FUN - TSF - A1 - B 0464	Eixo Norte - Trecho I - Estação Elevatória EB I-3 - Estrutura de Deságüe – Seções A e B
261 - FUN - TSF - A1 - B 0465	Eixo Norte - Trecho I - Estação Elevatória EB I-3 - Estrutura de Deságüe – Seções C, D e E
261 - FUN - TSF - A1 - B 0466	Eixo Norte - Trecho I - Estação Elevatória EB I-3 - Estrutura de Deságüe – Planta El. 496,4 m

c) Documento dos equipamentos, fornecidos pelos fabricantes.

### **3.2 DESCRIÇÃO DOS SISTEMAS**

A tabela 3.2.1 mostra as características mais relevantes dos sistemas estudados

**TABELA 3.2.1**

Estação	Nº de Bombas Operacionais	vazão (m3/s)		NÍVEIS			
		unitária	total	SUCÇÃO		DESCARGA	
				máximo	mínimo	máximo	mínimo
EB-I/1	8	12,38	99,00	329,32	324,89	361,30	356,73
EB-I/2	8	12,38	99,00	355,74	349,78	409,44	405,10
EB-I/3	8	11,13	89,00	406,52	401,16	495,06	491,06
Linha de descarga							
Estação	Extensão (m)	Vazão l/s	Diâmetro (m)	Nº de linhas(1)			
EB-I/1	70	12.375	2.300	9			
EB-I/2	233	24.750	3.000	4			
EB-I/3	379	22.250	2.900	4			

Notas

- 1 Na EB-I/1, o Nº de linhas é igual ao Nº de bombas totais (operacionais + 1 reserva)  
Nas EB-I/2 e EB-I/3. cada linha atende duas bombas

Na elevatória EBI-1, cada bomba descarrega em uma linha individual, sem qualquer válvula. Portanto, após a parada do sistema a água contida na adutora retornará ao poço de sucção através da bomba, fazendo-a girar transitoriamente em sentido reverso. No fim de cada linha haverá um sifão com escorva automática, mediante válvula de ventilação intertravada com o motor principal da respectiva bomba. A abertura desta válvula após desligamento do motor principal ventilará o sifão quebrando a escorva, impedindo assim o retorno da água contida no canal receptor de volta para a bomba.

Já nas elevatórias EBI-2 e EBI-3, as descargas de cada uma das 9 bombas estão munidas de válvulas de retenção descarregando duas a duas nas 4 adutoras, da forma mostrada nos desenhos correspondentes.

O sistema de controle será projetado de maneira a impedir que a água bombeada por 3 conjuntos seja conduzida a um único conjunto, evitando perdas de carga excessivas e conseqüentemente acréscimo de custo de energia.

Caso haja ocorrência de ligação da 3ª bomba no mesmo duto, não haverá problemas com os transitórios, visto que, as medida de proteção adotadas para a operação normal (com 2 bombas por duto) munem o sistema de larga folga.

**4. CONDIÇÕES HIDRÁULICAS EM ESCOAMENTO PERMANENTE, PRECEDENTES AO TRANSITÓRIO**

Apresenta-se no Anexo II-B a análise em escoamento permanente.

Como indicado anteriormente, o caso mais crítico, consequência da parada súbita acidental por queda da energia elétrica, por exemplo, terá lugar quando do escoamento da máxima vazão. Esta é a condição a ser estudada uma vez que gera os transitórios mais severos.

As vazões a serem consideradas são as seguintes:

SISTEMA	NÚMERO DE BOMBAS POR ADUTORA	VAZÃO POR ADUTORA(m <sup>3</sup> /s)	
		VAZÃO MÍNIMA	VAZÃO MÁXIMA (considerada)
EB-I/1	1	12,015	14,882
EB-I/2	2	22,84	26,88
EB-I/3	2	19,73	24,8

**5. MEDIDAS DE PROTEÇÃO APLICÁVEIS**

No presente estudo foram cogitados os seguintes tipos de proteção:

**5.1 CHAMINÉS (CHA)**

São tanques ou *stand pipes* ligados diretamente à linha de recalque. A finalidade destes dispositivos é a de preencher a linha no momento da tendência de separação da veia líquida, atenuando as altas oscilações de pressão, devido à geração de oscilação de massa. Esta forma de proteção é a mais efetiva e prática, pois dispensa qualquer tipo de manutenção, podendo ser implantada sempre que a altura manométrica máxima conduza a uma unidade com dimensões razoáveis.

## **5.2 TANQUES HIDROPNEUMÁTICOS (THP)**

São reservatórios herméticos que trabalham sob pressão, parcialmente cheios de água. Na parte superior eles acumulam ar comprimido que exerce a função de "colchão hidráulico", propiciando adequado amortecimento. O tanque está ligado diretamente à linha. Este tipo de dispositivo é extremamente eficaz devendo, porém, ser dotado de acessórios para repor o ar perdido por arraste ou dissolução. Estes acessórios são comumente compressores e instrumentação adequada para sua automação.

## **5.3 VOLANTES DE INÉRCIA**

Este tipo de dispositivo aumenta o momento de inércia dos conjuntos girantes, nos grupos motor-bombas. Consegue-se, assim, prolongar o tempo de parada das bombas, após o corte da força motriz. Podem ser empregados como volantes propriamente ditos ou formando parte constitutiva dos próprios equipamentos, por exemplo: ventiladores dos motores, juntas, eixos, etc. A aplicação dos volantes de inércia, porém, fica restrita ao máximo torque que o respectivo motor é capaz de acelerar. Por este motivo, geralmente são empregados apenas como complemento de outros dispositivos ou meios de proteção, ou para suprir pequenas deficiências, como no presente caso.

## **5.4 TANQUES DE AMORTECIMENTO UNIDIRECIONAL (TAU)**

São reservatórios ligados na linha e localizados normalmente nos pontos altos da própria. A ligação do tanque com a linha deverá ser provida de válvulas de retenção que permitam o escoamento unicamente no sentido do tanque para a linha. Quando da ocorrência da pressão negativa, a água armazenada no tanque é transferida para a linha, preenchendo-a e evitando a formação de vácuo. Além das válvulas de retenção, os TAUs deverão dispor de válvulas de bloqueio para sua manutenção. Adicionalmente, deverá se dispor de um sistema de alimentação de água independente, com fechamento automático, proveniente da própria linha.

---

**5.5 PROGRAMAÇÃO DE FECHAMENTO/ ABERTURA DAS VÁLVULAS DE DESCARGA**

Não se aplica no presente caso.

**5.6 CÂMARAS DE COMPENSAÇÃO**

Este dispositivo, similar ao KoTAU idealizado pelo professor Edmundo Koelle considerado na fase de viabilidade, não é cogitado, pois não ha garantia absoluta de recarga de ar .

**6. PROCEDIMENTO DE CÔMPUTO EMPREGADO****6.1 FUNDAMENTO TEÓRICO**

O modelo elástico, aplicado neste trabalho, leva em conta tanto a elasticidade do tubo quanto a do fluido. A análise é feita mediante discretização das grandezas distância (x) e tempo (t) como variáveis independentes para obter as funções pressão (H) e vazão (Q) em cada um dos subtrechos, durante o tempo de simulação.

O procedimento baseia-se no método das características, que consiste na integração das equações dinâmica e de continuidade, que são equações diferenciais hiperbólicas, possuindo, portanto, cada uma delas, duas famílias de curvas características a elas associadas. O método consiste na transformação das duas equações com diferenciais parciais em quatro equações com diferenciais totais, graças à eliminação de uma das variáveis independentes (x). As quatro equações são conjugadas duas a duas, sendo integradas por cálculos numéricos com ajuda do computador.

No cômputo, calcula-se a altura manométrica "H" e a vazão "Q" em função da variável independente "T" (tempo) em cada um das seções predeterminadas ao longo do sistema.

**6.2 DESCRIÇÃO DAS LISTAGENS DE COMPUTADOR APRESENTADAS .**

Apresenta-se no início das listagens de computador (Anexo II-A), as explicações pertinentes.

**6.3 CÁLCULO DA CELERIDADE**

A celeridade é calculada pela fórmula:

$$a = \sqrt{\frac{g}{W \cdot \left( \frac{1}{K} + \frac{C_1 \cdot D}{E \cdot e} \right)}}$$

Onde:

- a = celeridade (m/s)
- g = 9,81 m/s<sup>2</sup>
- W = 1.000 kg/m<sup>2</sup>
- K= 210.000.000 kg/m<sup>2</sup>
- E = 21.140.000 kg/m<sup>2</sup> (aço carbono)
- C<sub>1</sub> = (1- μ<sup>2</sup>) = 0,91

No presente caso, para a relação D/e = 150 obtém-se:

$$a = 955 \text{ m/s}$$

**7. CASOS ESTUDADOS**

Considerando que os casos mais graves de transitórios hidráulicos são gerados pela parada súbita das bombas, quando da máxima vazão, todas as análises feitas neste trabalho abordaram este tipo de evento. Adicionalmente, a fim de simular a pior situação, considerou-se falha na operação de abertura da válvula quebra sifão, fato que gerará o escoamento reverso indefinidamente nos sistemas sem válvula de controle ou de retenção.

Foram feitas inúmeras simulações, dentre elas apresentam-se a seguir os casos mais relevantes, todos eles gerados por parada súbita de bombas.

**7.1 SISTEMA EB- I/1**

- Simulação 1.1- sistema em condições de vazão mínima
- Simulação 1.2 - sistema em condições de vazão máxima
- Simulação 1.3 - sistema em condições de vazão máxima, com adição de inércia nas massas girantes

O quadro 7.1. mostra os resultados acima referidos.

A figura 7.1.1. mostra os perfis das linhas e das envoltórias.

**QUADRO 7.1  
SISTEMA EB-I/1 - TRANSITORIOS HIDRÁULICOS  
COTAS PIEZOMÉTRICAS**

TRECHO	SEC	DIST. (m)	COTA TOPOG.	REGIME PERMANENTE		REGIME TRANSITÓRIO					
				Q MIN	Q MAX	Q,mínimo		Q máximo		Q máximo + inércia	
						MAX.	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN
1	0	0	333,7	361,5	356,9	370,3	336,8	356,9	336,5	356,9	342,9
	1	7,0	333,7	361,4	356,7	369,4	339,0	356,9	338,3	356,9	344,3
	2	14,0	333,7	361,4	356,5	368,5	341,2	356,9	340,2	356,9	345,6
	3	21,0	337,0	361,4	356,3	367,6	343,5	356,9	342,1	356,9	347,0
	4	28,0	342,0	361,4	356,1	366,7	345,9	356,9	344,1	356,9	348,3
	5	35,0	346,9	361,4	355,9	365,8	348,4	356,8	346,1	356,8	349,7
	6	42,0	351,8	361,4	355,7	364,9	350,9	356,8	348,2	356,8	351,1
	7	49,0	356,8	361,3	355,5	364,0	353,5	356,8	350,2	356,8	352,5

FIGURA 7.1.1 – SISTEMA EB-I/1  
 ENVOLTÓRIAS DE PRESSÕES TRANSITÓRIAS

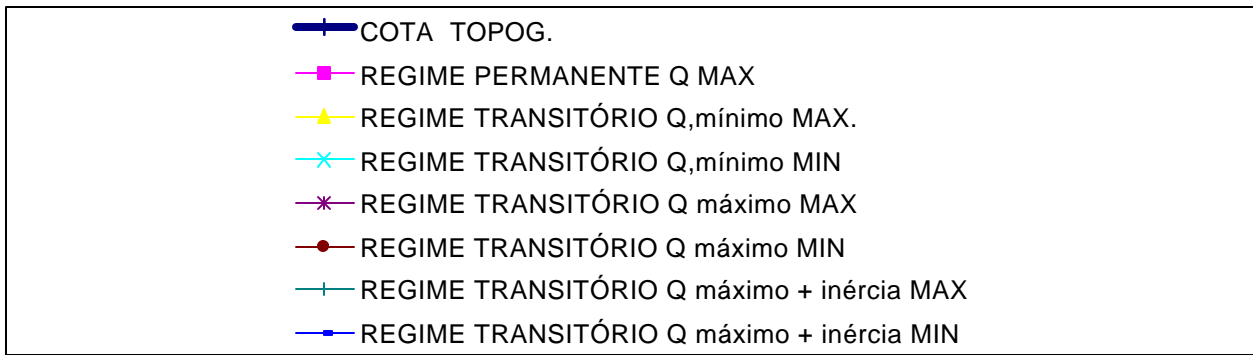
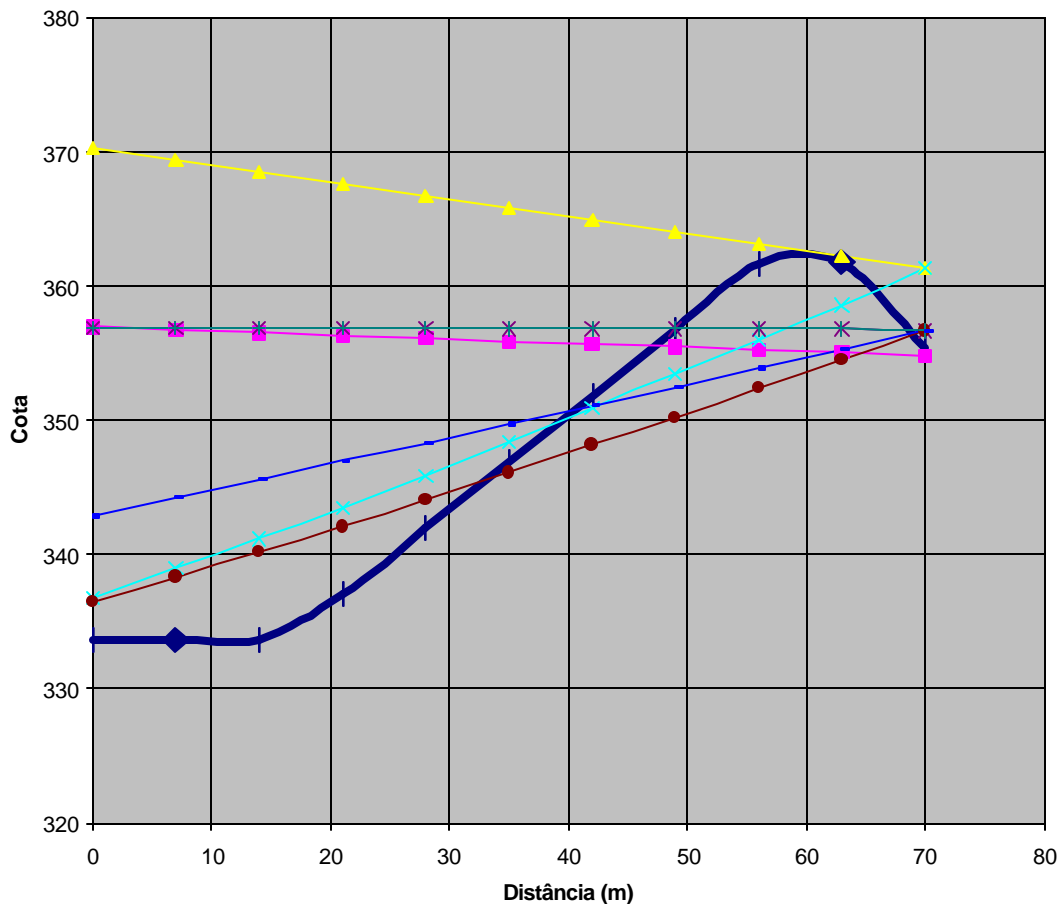
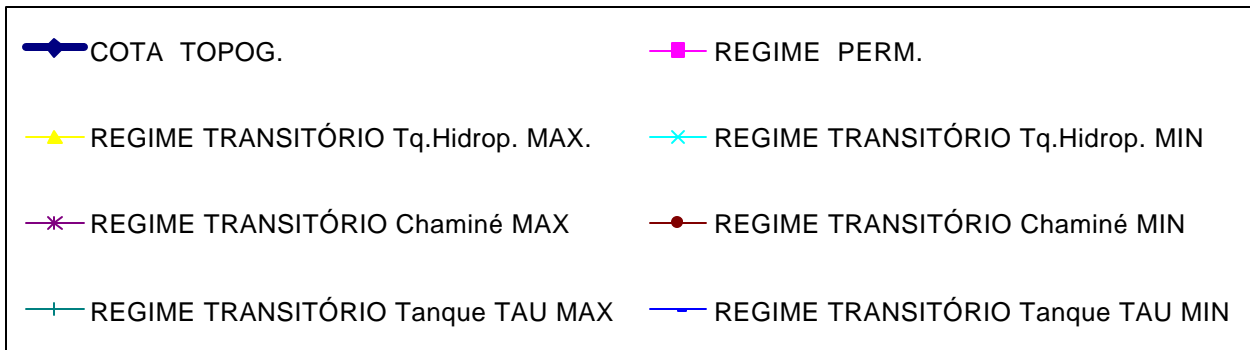
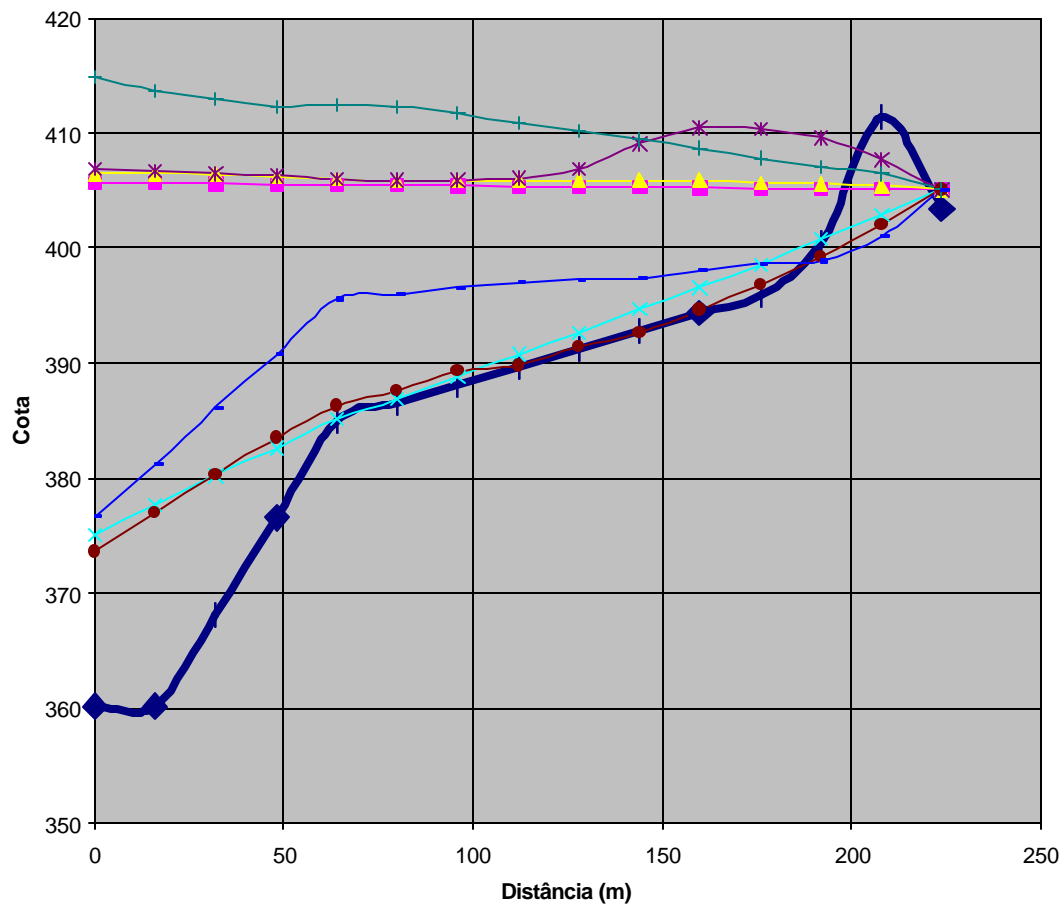






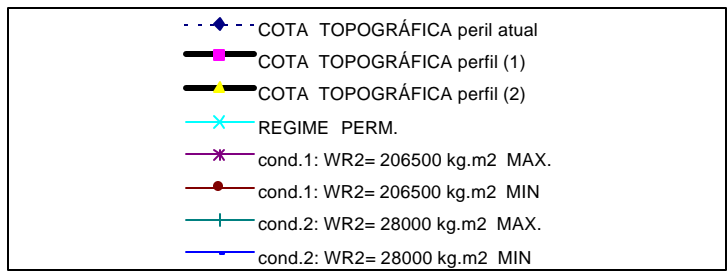
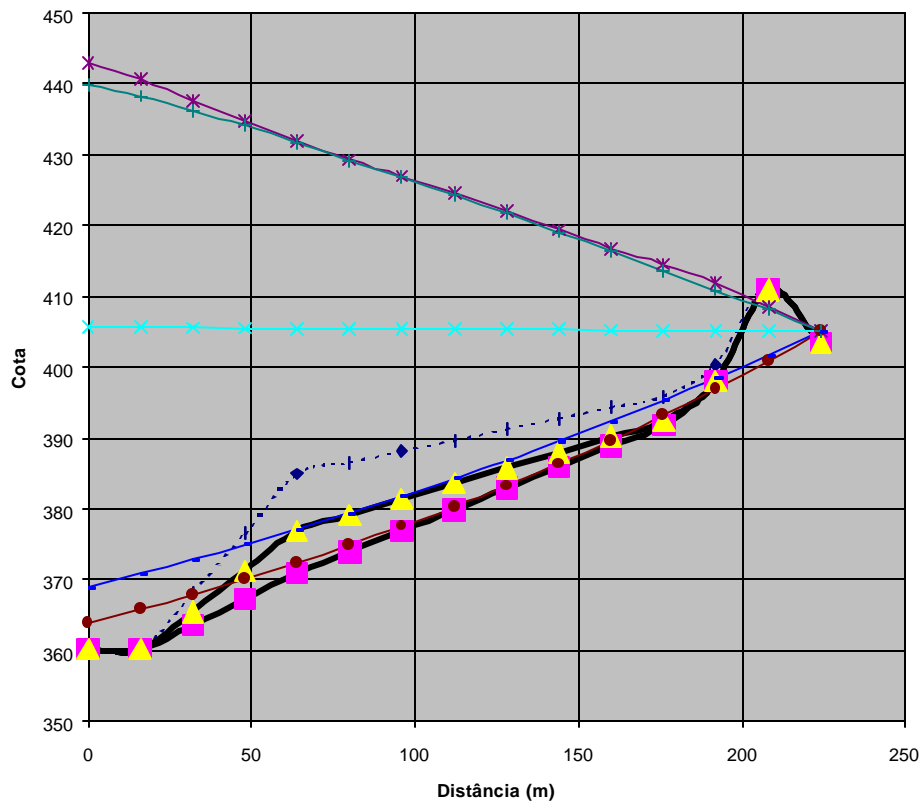
FIGURA 7.2.1 – SISTEMA EB-I/2  
ENVOLTÓRIAS DE PRESSÕES  
TRANSITÓRIAS



**QUADRO 7.2.2**  
**SISTEMA EB-I/2 - PERFIL DA ADUTORA MAIS BAIXO**  
**TRANSITÓRIOS HIDRÁULICOS**  
**COTAS PIEZOMÉTRICAS**

SUBTRECHO	SEC	DIST. (m)	COTAS PIEZOMÉTRICAS							
			COTA TOPOGRÁFICA			REGIME PERM.	REGIME TRANSITÓRIO			
			perfil atual	perfil (1)	perfil (2)		cond.1: WR2= 206500 kg.m2		cond.2: WR2= 28000 kg.m2	
							MAX.	MIN	MAX.	MIN
1	0	0	360,2	360,2	360,2	405,7	442,9	363,9	439,8	368,9
	1	16,0	360,2	360,2	360,2	405,6	440,6	365,9	438,3	370,9
	2	32,0	368,1	363,7	365,6	405,6	437,6	367,9	436,2	372,9
	3	48,0	376,6	367,3	371,3	405,5	434,7	370,1	434,1	375
2	4	64,0	385,0	371,0	377,0	405,5	432,0	372,4	431,7	377,1
	1	80,0	386,6	374,0	379,2	405,5	429,3	374,9	429,2	379,4
	2	96,0	388,1	377,0	381,4	405,4	427,0	377,6	426,8	381,8
	3	112,0	389,7	379,9	383,6	405,4	424,5	380,3	424,3	384,3
	4	128,0	391,2	383,0	385,9	405,3	422,0	383,3	421,7	386,8
	5	144,0	392,8	386,0	388,1	405,3	419,4	386,4	419,1	389,6
	6	160,0	394,4	389,0	390,3	405,3	416,8	389,7	416,5	392,4
	7	176,0	395,9	391,9	392,5	405,2	414,6	393,2	413,7	395,3
	8	192,0	400,4	398,0	398,0	405,2	411,9	396,9	410,9	398,4
	9	208,0	411,4	411,0	411,0	405,1	408,5	400,9	408,1	401,7
	10	224,0	403,5	403,5	403,5	405,1	405,1	405,1	405,1	405,1

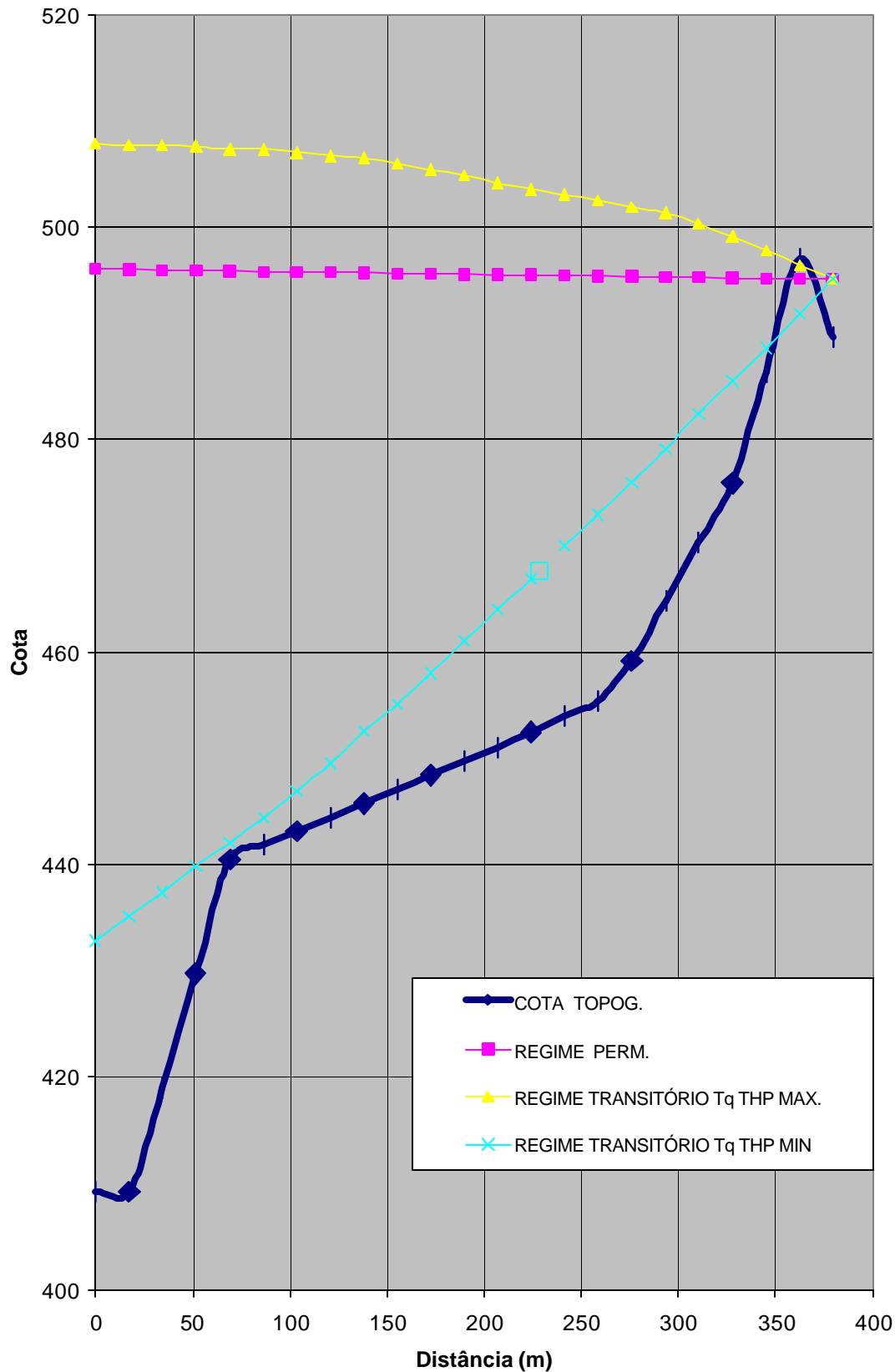
FIGURA 7.2.2 – SISTEMA EB-I/2  
 APROFUNDAMENTO DA LINHA  
 ENVOLTÓRIAS DE PRESSÕES



**QUADRO 7.3.1  
SISTEMA EB-I/3  
TRANSITÓRIOS HIDRÁULICOS**

SUBTRECHO	SEC	DIST. (m)	COTA TOPOG.	COTAS PIEZOMÉTRICAS			
				REGIME PERM.	REGIME TRANSITÓRIO		
					Tq THP		
					MAX.	MIN	
1	0	0	409,2	496,0	507,8	432,8	
	1	17,3	409,2	496,0	507,7	435,1	
	2	34,5	418,9	495,9	507,7	437,4	
	3	51,8	429,7	495,9	507,6	439,8	
	4	69,0	440,5	495,8	507,3	442,0	
2	1	86,3	441,8	495,8	507,3	444,4	
	2	103,5	443,1	495,8	507,0	446,9	
	3	120,8	444,4	495,7	506,7	449,5	
	4	138,0	445,8	495,7	506,5	452,5	
	5	155,3	447,1	495,6	506,0	455,1	
	6	172,5	448,4	495,6	505,4	458,0	
	7	189,8	449,7	495,5	504,8	461,0	
	8	207,0	451,0	495,5	504,1	464,0	
3	1	224,3	452,5	495,5	503,5	466,9	
	2	241,5	453,9	495,4	503,0	470,0	
	3	258,8	455,4	495,4	502,5	472,9	
	4	276,0	459,2	495,3	501,9	476,0	
	5	293,3	464,8	495,3	501,3	479,1	
	6	310,5	470,3	495,2	500,3	482,4	
	7	327,8	475,9	495,2	499,1	485,5	
	8	345,0	486,4	495,1	497,8	488,6	
	9	362,3	497,0	495,1	496,4	491,8	
	10	379,5	489,6	495,1	495,1	495,1	

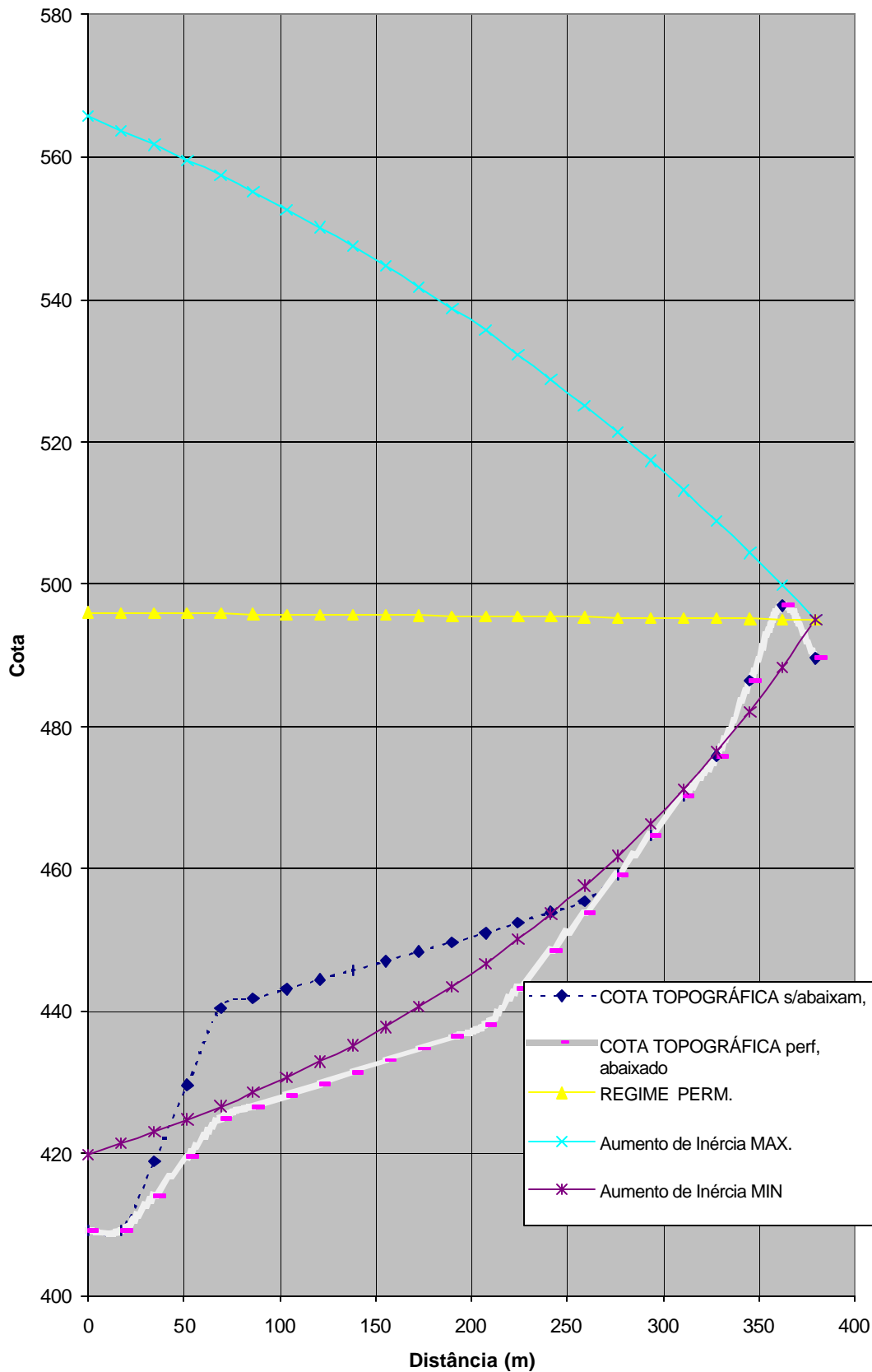
FIGURA 7.3.1 - SISTEMA EB- I/3  
Envoltórias de pressões transitórias



**QUADRO 7.3.2**  
**SISTEMA EB-I/3 - PERFIL DA ADUTORA EM COTA MAIS BAIXA**  
**TRANSITÓRIOS HIDRÁULICOS**

TRECHO	SEC	DIST. (m)	COTAS PIEZOMÉTRICAS						
			COTA TOPOGRÁFICA		REGIME PERM.	REGIME TRANSITÓRIO			
			s/abaixam,	perf, abaixado		Aumento de Inércia			
					MAX.	MIN			
1	0	0	409,2	409,2	496,0	565,7	419,9		
	1	17,3	409,2	409,2	496,0	563,7	421,5		
	2	34,5	418,9	414,1	495,9	561,7	423,1		
	3	51,8	429,7	419,5	495,9	559,6	424,8		
	4	69,0	440,5	425,0	495,8	557,4	426,6		
2	1	86,3	441,8	426,6	495,8	555,1	428,6		
	2	103,5	443,1	428,3	495,8	552,6	430,7		
	3	120,8	444,4	429,9	495,7	550,1	432,9		
	4	138,0	445,8	431,5	495,7	547,5	435,2		
	5	155,3	447,1	433,1	495,6	544,7	437,8		
	6	172,5	448,4	434,8	495,6	541,7	440,6		
	7	189,8	449,7	436,4	495,5	538,7	443,5		
	8	207,0	451,0	438,0	495,5	535,7	446,7		
3	1	224,3	452,5	443,3	495,5	532,3	450,1		
	2	241,5	453,9	448,5	495,4	528,8	453,7		
	3	258,8	455,4	453,8	495,4	525,1	457,6		
	4	276,0	459,2	459,2	495,3	521,3	461,8		
	5	293,3	464,8	464,8	495,3	517,3	466,3		
	6	310,5	470,3	470,3	495,2	513,2	471,2		
	7	327,8	475,9	475,9	495,2	508,9	476,4		
	8	345,0	486,4	486,4	495,1	504,4	482,1		
	9	362,3	497,0	497,0	495,1	499,8	488,3		
	10	379,5	489,6	489,6	495,1	495,1	495,1		

FIGURA 7.3.2 - SISTEMA EB-I/3 Perfil em cota mais baixa -  
Envoltória de pressões





## **8. ANÁLISE DOS RESULTADOS**

Os resultados apresentados neste trabalho, foram escolhidos dentre os inúmeros destinados à verificação das várias condições analisadas e simuladas.

### **8.1 SISTEMAS EB-I/1**

Este sistema não considera qualquer dispositivo de retenção, devendo a água retornar ao poço de sucção, após sua parada. As bombas girando em sentido reverso apresentarão o comportamento transitório de velocidade e pressão mostrado nas folhas de saída de computador (Anexo II-A). Os resultados mostram que no pior dos casos as rotações reversas máximas atingem 21 e 33 % da rotação nominal para vazões mínima e máxima, respectivamente, devendo estes resultados serem considerados como satisfatórios. Entretanto, o fabricante deverá confirmar estes valores e garantir o bom funcionamento do seu equipamento.

O sistema sem proteção, tanto com vazão máxima quanto com vazão mínima apresenta pressões transitórias negativas na sua extremidade a jusante na região do sifão (vide simulações 1.1 e 1.2). Tais pressões são consideradas como toleráveis uma vez que não atingem a pressão de vapor. Além do mais, a sua ocorrência é remota uma vez que considera falha do sistema de quebra de escorva do sifão. Por outro lado, esta região deverá estar, em condições normais de operação, sujeita a pressões negativas.

Contudo, ensaiou-se a proteção em forma de aumento de massa nas partes girantes a fim de se conseguir momento de inércia adicional. Os resultados mostraram que esta prática não representa melhora significativa uma vez que persistem as pressões negativas.

Conclui-se portanto por prescindir de qualquer tipo de proteção, devendo-se entretanto ter cuidado especial nas partes comprometidas, em função das pressões máximas e mínimas, resultantes deste estudo.

## 8.2 SISTEMAS EB-I/2

O sistema sem proteção apresenta problemas de vácuo absoluto com separação de coluna e subsequente golpe de aríete, conforme mostrado na simulação 2.1. Note-se que nestes resultados aparecem pressões inferiores às de vácuo absoluto ( -9,5 m), fato que não corresponde à realidade física. Entretanto, fica evidente ocorrência de separação de coluna líquida.

Estudou-se como alternativa o aprofundamento da linha até as cotas apresentadas nas folhas A23-A, A25A e A26A, da simulação 2.1 (Anexo II-A). Neste caso, os resultados mostram pressões transitórias inócuas, sendo portanto esta alternativa tecnicamente adequada e recomendada no presente caso. Ainda mais, é possível otimizar o custo da escavação para aprofundamento da adutora de posse do valor real definitivo do momento de inércia do equipamento a ser comprado. Com efeito, qualquer acréscimo deste valor com relação ao valor empregado nesta simulação deverá permitir a elevação das cotas da adutora aqui estabelecidas e conseqüentemente diminuir o volume de escavação. Incluso poderá ser vantajoso estabelecer um momento de inércia mínimo a ser obtido até artificialmente, pelo fabricante dos motores.

A adição de massa para aumento de inércia nas partes girantes sem aprofundamento da adutora mostrou ser adequada para eliminação do problema de vácuo absoluto, porém sem eliminar pressões negativas ao longo da adutora. Por este motivo e pela dificuldade da sua aplicação prática em motores de eixo vertical, de grande tamanho, esta solução é descartada neste trabalho, a menos que se cogite a alteração concomitante do perfil topográfico da adutora (vide simulação 2.2), conforme descrito no item anterior.

Já o sistema protegido com Tanque hidropneumático, Chaminé de equilíbrio ou tanque TAU apresentam soluções adequadas. Entretanto, a solução por tanque TAU é descartada neste estudo uma vez que a diferença em altura com a solução mediante chaminé é de pouca significação, perdendo largamente esta solução em equipamento e em confiabilidade.

A solução definitiva deverá ser escolhida com base em confronto econômico, devendo ser também ponderada a manutenção de equipamentos e confiabilidade de cada solução. Assim, a preferência deverá corresponder à solução de aprofundamento de vala em primeiro lugar e chaminé de equilíbrio em segundo lugar.

### **8.3 EB-I/3**

O sistema sem proteção apresenta problemas de vácuo absoluto com separação de coluna e subsequente golpe de aríete, conforme mostrado na simulação 3.1. Note-se que nestes resultados aparecem pressões inferiores às de vácuo absoluto (-9,5 m), fato que não corresponde à realidade física. Portanto, fica evidente ocorrência de separação de coluna líquida.

A alternativa de aprofundamento da linha, neste caso, resulta inviável. Entretanto, o aprofundamento da linha coadjuvado com o acréscimo de momento de inércia nos conjuntos conforme apresentado na simulação 3.3. Neste caso as pressões transitórias são inócuas, sendo portanto esta alternativa tecnicamente adequada.

Outra alternativa de solução consiste na instalação de um tanque hidropneumático convencional (vide simulação 3.2), constatando-se que para obter pressões transitórias adequadas precisa-se do equipamento descrito no item 9.

## **9. DESCRIÇÃO DAS SOLUÇÕES ADOTADAS**

### **9.1 EB-I/1**

Não há necessidade de qualquer dispositivo de proteção. Apenas, as canalizações sujeitas a pressões negativas deverão ser dimensionadas e projetadas para comportá-las.

**9.2 EB-I/2**

Deverá ser adotada uma das medidas escolhidas de entre as listadas a seguir:

**Solução I**

- Instalar a adutora com as cotas do eixo conforme indicado no quadro 7.2.2, condição 2;
- Munir cada um dos conjuntos moto-bombas de massa girante tal que complete o momento de inércia de, no mínimo 28.000 kg.m<sup>2</sup>. O Fabricante do conjunto moto-bomba deverá assumir a responsabilidade do conjunto total, incluído eventualmente um volante, podendo adequar as dimensões ou características dos dispositivos de maneira a ajustá-los aos seus padrões construtivos, desde que atenda a condição de momento de inércia mínimo, estipulado neste trabalho.

Nota.- Escolheu-se o momento de inércia indicado, após inúmeros ensaios do binômio inércia x aprofundamento de escavação da linha, concluindo-se que acima do valor  $WR2= 28.000 \text{ kg.m}^2$ , a diminuição da escavação para abaixamento do tubo torna-se irrelevante.

**Solução II**

Instalação de um tanque hidropneumático com as seguintes características:

- Ponto de instalação: a 70 m de distância da elevatória
- Características gerais: vide folha de dados FD 9.2, folha de dimensões 9.2, ligações com a adutora e para controle conforme esquemas 9.2.1 e 9.2.2.
- O tanque deverá dispor de um compressor e instrumentação adequada para enchimento inicial ou para restituição automática de ar eventualmente perdido.

**Solução III**

- Instalação de 2 (duas) chaminés de equilíbrio para atenção das quatro adutoras. Cada chaminé terá as seguintes características:
- Ponto de instalação: .....a 70 m de distância da elevatória
- Diâmetro: ..... 10,00 m (mínimo)
- Diâmetro das ligações ..... 3,00
- Cotas:
  - N.A. máximo ..... 412.3
  - Topo ..... 413.8
  - Terreno ..... 383
  - Tubo principal ..... 385
- Material..... Concreto
- Altura ..... ~ 30.8 m

Como variante desta solução propõe-se o traslado da estrutura da extremidade a jusante que contem os sifões até o local distante a 70 m da elevatória, em lugar de uma chaminé convencional. O conjunto deverá estar sustentado em estrutura de concreto para obter a mesma altura original. As vantagens desta variante são:

- a) eliminação das válvulas de retenção e válvulas borboleta. Para tal, cada bomba deverá dispor de uma linha de descarga e um sifão individuais.
- b) Escolha de alternativas de ligação da estrutura dos sifões com o início do canal receptor, podendo ser considerados materiais de tubulação mais baratos, uma vez que as solicitações mecânicas serão mínimas, tais como tubulação em resina reforçada com fibra de vidro, ou ainda pode-se cogitar a implantação de um aqueduto em concreto.

**9.3 EB-I/3**

Deverá ser adotada uma das medidas escolhidas de entre as listadas a seguir:

**Solução I**

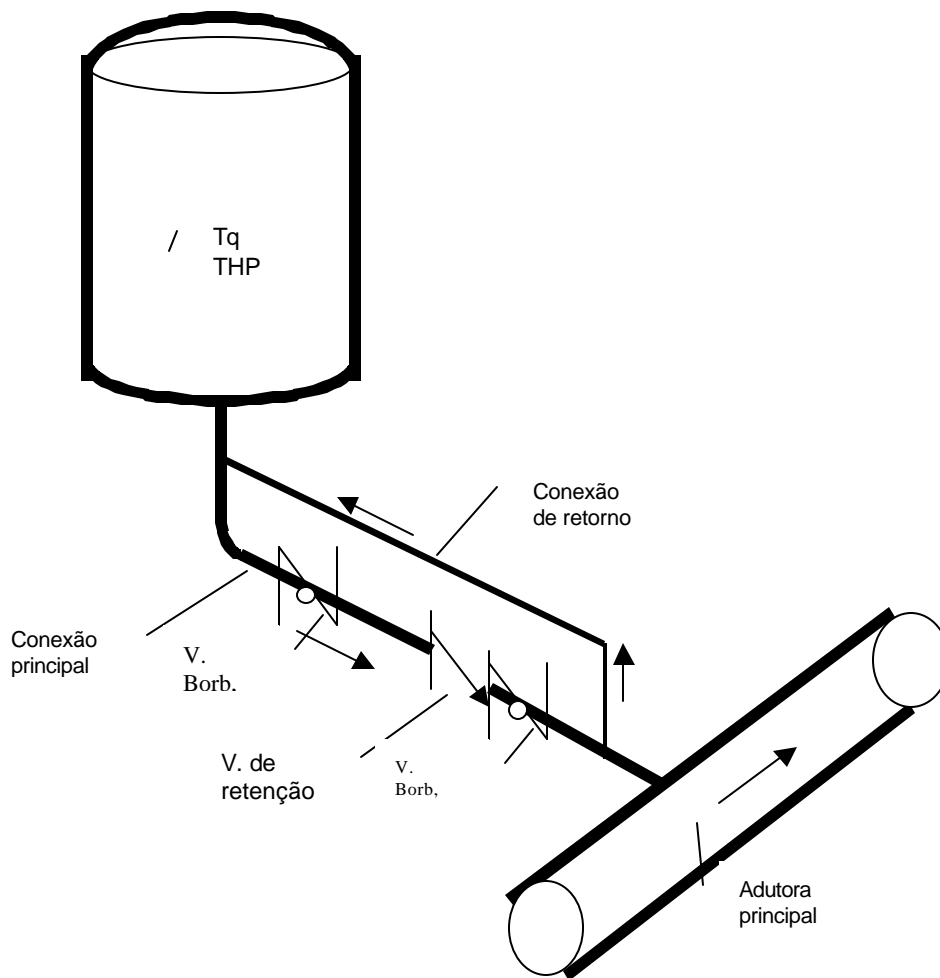
- Instalar a adutora com as cotas do eixo conforme indicado no quadro 7.3.2
- Munir cada um dos conjuntos moto-bombas de massa girante tal que complete o momento de inércia de, no mínimo  $25.000 \text{ kg.m}^2$ . O Fabricante do conjunto motor bomba, deverá assumir a responsabilidade do conjunto total, incluído eventualmente um volante, podendo adequar as dimensões ou características dos dispositivos de maneira a ajusta-los aos seus padrões construtivos, desde que atenda a condição de momento de inércia mínimo, estipulado neste trabalho.

**Solução II**

Instalação de um tanque hidropneumático das seguintes características:

- Ponto de instalação: a 70 m de distância da elevatória
- Características gerais: vide folha de dados FD 9.3, folha de dimensões 9.3, ligações com a adutora e para controle conforme esquemas 9.3.1 e 9.3.2.
- O tanque deverá dispor de um compressor e instrumentação adequada para enchimento inicial ou para restituição automática de ar eventualmente perdido.

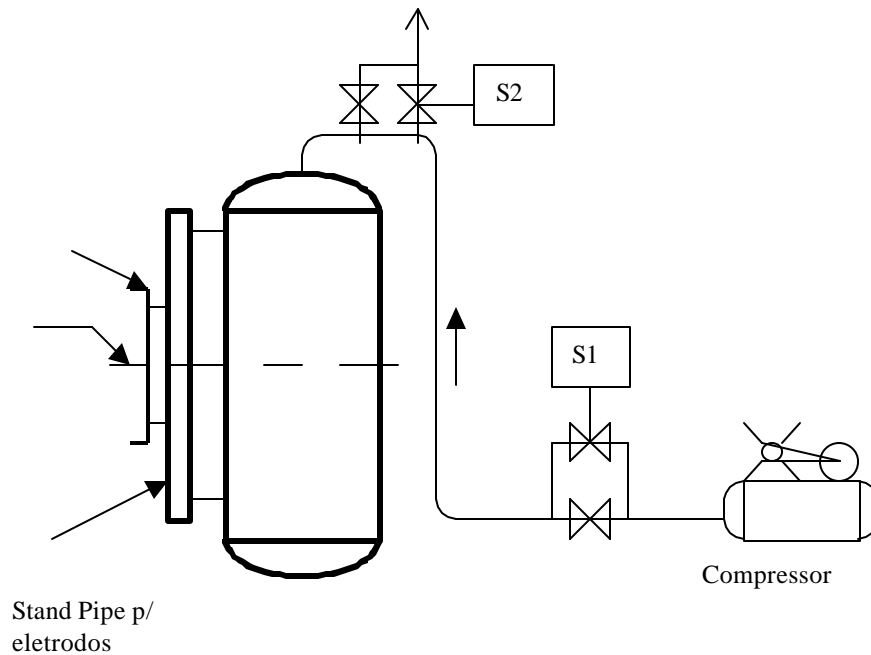
ESQUEMAS 9.2.1 E 9.3.1  
 TANQUE HIDROPNEUMÁTICO - LIGAÇÃO COM A ADUTORA



Diâmetro das ligações (mm):

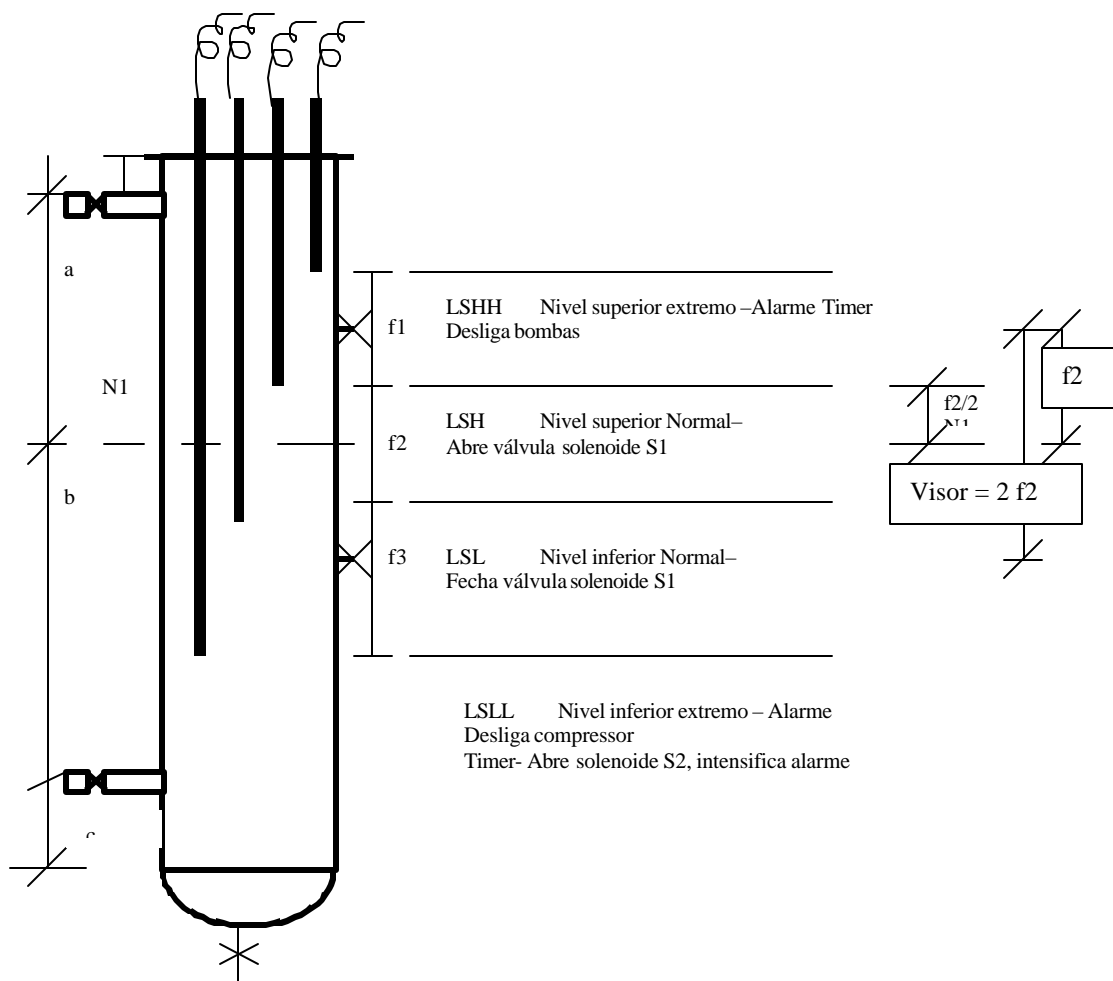
	Sistema EB-I/2	Sistema EB-I/3
Conexão principal inc Valv. Retenção e borboletas	2.000	1.500
Conexão de retorno	500	400

ESQUEMAS 9.2.2 E 9.3.2  
TANQUE HIDROPNEUMÁTICO - ESQUEMA DE LIGAÇÕES  
PARA CONTROLE

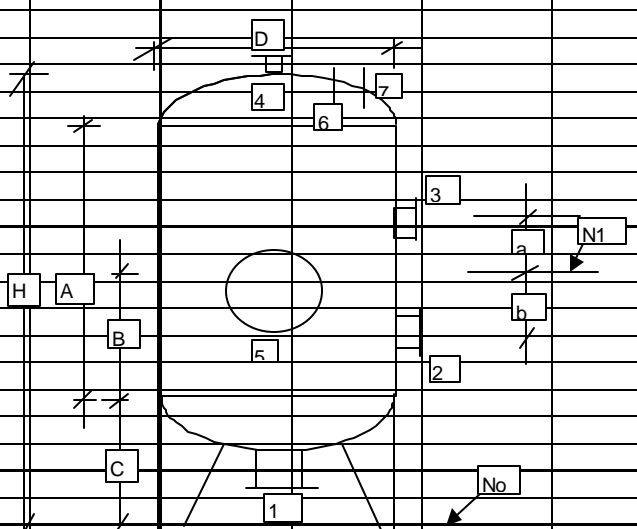




DETALHE DO STAND PIPE

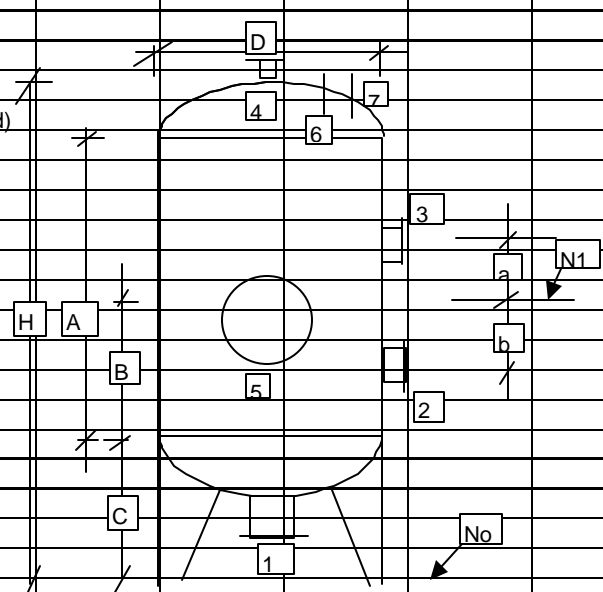


VASOS DE PRESSÃO									
FOLHA DE DADOS									
1	FLUIDO	Água/ar							
2	VOLUME TOTAL ÚTIL (m <sup>3</sup> )	145.11	v.nota (d)						
3	NORMA DE FABRICAÇÃO	ASME Sec VIII.div I							
4	PRESSÕES (p.s.i.)								
4.1	Pressão de projeto	29.82							
4.2	Pressão de operação								
4.3	Pressão de teste	44.73							
5	Carga de vento (p.s.i.)								
6	Peso específico	1							
7	Alívio de tensões								
8	Radiografia	Total							
9	Eficiência de solda (casco/tampos)								
10	Sobreespessura de corrosão (mm)								
	Casco/tampos								
11	Peso (kg)								
	Vazio/em operação /em teste								
12	MATERIAIS								
12.1	Casco	ASTM A-516-70							
12.2	tampo	ASTM A-516-70							
12.3	internos	ASTM A-53-GrB							
12.4	externos	ASTM A-53-GrB							
12.5	Tubulação interna	ASTM A-110-Gr II		H=		mm			
12.6	Tubulação externa	ASTM A-110-Gr II		D=	4.500	mm			
12.7	Bocais (pecoso/flanges)	ASTM A-283-D		C=	1.000	mm			
12.8	Luas	ASTM A-110-Gr II		A=	9.124	mm			
12.9	Clips			B=	3.719	mm			
12.10	Suporte	ASTM A-53-GrB		a=	525	mm			
	(orelhas/pernas/sela/saia)	pernas		b=	3.569	mm			
12.11	Parafusos e/ou estojos	ASTM A-193-B7		N1=	395	m			
12.12	Porcas (int/ext)	ASTM A-194-2H		No=	390	m	v.nota (e)		
12.13	Gaxetas	amianto grafitado							
12	Isolamento térmico	não							
13	Proteção contra o fogo	não							
14	Revestimento								
14.1	interno	AWWA C-210							
14.2	externo	AWWA C-203							
BOCAIS									
	Serviço	Diâm	Espess	Flanges					
Item		(polg.)	"(polg)	Classe	face				
1	Entrada/Saída do líquido	80	3/8"	250	RF				
2	Ligação com "stand Pipe"(líquido)	2 1/2	SCH 80	250	RF				
3	ligação com "stand Pipe"(ar)	2 1/2	SCH 80	250	RF				
4	Alimentação de ar comprimido	1 1/2	SCH 80	250	NPT				
5	Inspeção	16	3/8"	250	RF				
6	Valvula de alívio	1 1/2	SCH 80	250	NPT				
NOTAS									
a)	O fabricante fornecerá os dados não preenchidos nesta folha								
b)	Vide desenhos de referência								
c)	O fabricante poderá propor alternativas								
d)	Volume total da parte cilíndrica (sem considerar as calotas)								
e)	Nível No = nível do piso, a ser ajustado na obra.								
	O nível N1 poderá ser também reajustado, devendo manter a diferença relativa com No								



DIMENSIONAMENTO DO THP					
PROJETO:	CABIUNAS				
DADOS:					
	Pressã barométrica Pa(m,c,a)=	9,5			
	Pressão estática Pg(m,c,a)=	18,3			
	Pressão dinâmica Pd(m,c,a)=	18,3			
PRESSÃO DE PROJETO					
	m.c.a	21,000			
	psi	29,820			
VOLUME DE AR (m3)					
	inicial em r permanente (m3):	80,000			
	máximo transitório(MxTR):	130,000			
	máximo= (MxTR) +(f1+f2)xArea=	137,952			
DIÂMETRO					
	(m)=	4,500			
	(polg)=	177			
fOLGA (m)=					
	para controle=	f1= 0,250			
		f2= 0,250			
		f3=B - 0.2	3,519		
	Total = f1+f2=	0,750			
	para evitar vortex=	0,200			
Pressão admissível A-516-70					
		23,300			
Preço/kg assumido(US\$)					
		5,00			
CALCULOS					
	área (m2)=	15,904			
Altura teóricade ar (m)					
	Altura inicial em r. perm.=	5,030			
	Altura máximade transitória)=	8,174			
Altura máxima total do vaso(m)=					
	Altura "B", inicial de Agua (m)=	3,719			
	Altura inicial real de Ar (m)=	5,405			
Volume total (m3)=					
		145,109			
Dimensões do Stand Pipe					
	a= a=f1+f2/2+0.15=	0,525			
	b= b=B-0.15	3,569			
	c= c=	0,150			
Tamanho dos eletrodos					
	E1= c+a-f1-f2/2=	0,300			
	E2= E1+f1=	0,550			
	E3= E2+f2=	0,800			
	E4= E3+f3=	4,319			
Compressor					
	VA1= Vt (Pa/(Pa+Ph))=	49,5876532			
	VA2= Vt (Pa/(Pa+Pd))=	49,5876532			
	VA3= Vmax-VA1=	88,365			
	VA4= Vmax-VA2=	88,365			
	Capacidade mínima do compressor=VA4-VA3=	-			
tempo de enchimento com pressão estática (min):					
	Vazão (l/min) =	1,472,742			
Notas:					
1) VA1= Volume de ar inicial, após enchimento da adutora com pressão estática (m3) - Sem atuar compres					
2) VA2= Volume de ar inicial, após enchimento da adutora com pressão dinâmica (m3) - Sem atuar compres					
3) VA3= Volume de ar, ministrado pelo compressor até o nível LSH (inferior normal), com pressão estática					
4) VA4= Volume de ar, ministrado pelo compressor até o nível LSH (inferior normal), com pressão dinâmica					
Espessura(polg)=					
	calculada=	0,113			
	Adotada=	1,188			
	(m)=	0,0301752			
Volume (m3)					
	cilindro=	3,892			
	tampas=	1,152			
peso (kg)					
		51,145,92			
pressão de colapso (psi)					
		15,14			
Preço aproximado em US\$					
		255,729,58			

VASOS DE PRESSÃO					
FOLHA DE DADOS					
1	FLUIDO	Água/ar			
2	VOLUME TOTAL ÚTIL (m <sup>3</sup> )	71.67	v.nota (d)		
3	NORMA DE FABRICAÇÃO	ASME Sec VIII.div I			
4	PRESSÕES (p.s.i.)				
4.1	Pressão de projeto	95.14			
4.2	Pressão de operação				
4.3	Pressão de teste	142.71			
5	Carga de vento (p.s.i.)				
6	Peso específico	1			
7	Alívio de tensões				
8	Radiografia	Total			
9	Eficiência de solda (casco/tampos)				
10	Sobreespessura de corrosão (mm)				
	Casco/tampos				
11	Peso (kg)				
	Vazio/em operação /em teste				
12	MATERIAIS				
12.1	Casco	ASTM A-516-70			
12.2	tampo	ASTM A-516-70			
12.3	internos	ASTM A-53-GrB			
12.4	externos	ASTM A-53-GrB			
12.5	Tubulação interna	ASTM A-110-Gr II	H=		mm
12.6	Tubulação externa	ASTM A-110-Gr II	D=	3.600	mm
12.7	Bocais (pecoso/flanges)	ASTM A-283-D	C=	1.000	mm
12.8	Luvas	ASTM A-110-Gr II	A=	7.041	mm
12.9	Clips		B=	3.719	mm
12.10	Suporte (orelhas/pernas/sela/saia)	ASTM A-53-GrB	a=	525	mm
		pernas	b=	3.569	mm
12.11	Parafusos e/ou estojos	ASTM A-193-B7	N1=	445	m
12.12	Porcas (int/ext)	ASTM A-194-2H	No=	440	m
12.13	Gaxetas	amianto grafitado			
12	Isolamento térmico	não			
13	Proteção contra o fogo	não			
14	Revestimento				
14.1	interno	AWWA C-210			
14.2	externo	AWWA C-203			
BOCAIS					
	Serviço	Diâm	Espess	Flanges	
Item		(polg.)	"(polg)	Classe	face
1	Entrada/Saída do líquido	60	3/8"	250	RF
2	Ligação com "stand Pipe"(líqu)	2 1/2	SCH 80	250	RF
3	Ligação com "stand Pipe"(ar)	2 1/2	SCH 80	250	RF
4	Alimentação de ar comprimido	1 1/2	SCH 80	250	NPT
5	Inspeção	16	3/8"	250	RF
6	Valvula de alívio	1 1/2	SCH 80	250	NPT
NOTAS					
a)	O fabricante fornecerá os dados não preenchidos nesta folha				
b)	Vide desenhos de referência				
c)	O fabricante poderá propor alternativas				
d)	Volume total da parte cilíndrica (sem considerar as calotas)				
e)	Nível No = nível do piso, a ser ajustado na obra.				
	O nível N1 poderá ser também reajustado, devendo manter as diferença relativa com No				



DIMENSIONAMENTO DO THP					
PROJETO:	CABIUNAS				
DADOS:					
	Pressã barométrica Pa(m.c.a.)=	9.5			
	Pressão estática Pg(m.c.a)=	53.5			
	Pressão dinâmica Pd(m.c.a)=	55.35			
ESSÃO DE PROJETO					
	m.c.a	67.000			
	psi	95.140			
VOLUME DE AR (m3)					
inicial em r.permanente (m3):		30.000			
máximo transitório(MxTR):		62.000			
máximo= (MxTR) +(f1+f2)xArea=		67.089			
DIÂMETRO					
	(m)=	3.600			
	(polg)=	142			
fOLGA (m)=					
para controle=	f1=	0.250			
	f2=	0.250			
	f3=B - 0.2	3.519			
	Total = f1+f2=	0.750			
	para evitar vortex=	0.200			
Pressão admissível A-516-70					
		23.300			
Preco/kg assumido(US\$)		5.00			
CALCULOS					
	área (m2)=	10,179			
Altura teóricade ar (m)					
	Altura inicial em r. perm.=	2.947			
	Altura máximade transitória)=	6.091			
Altura máxima total do vaso(m)=		7,041			
	Altura "B", inicial de Agua (m)=	3.719			
	Altura inicial real de Ar (m)=	3.322			
Volume total (m3)=		71,670			
Dimensões do Stand Pipe					
	a= a=f1+f2/2+0.15=	0.525			
	b= b=B-0.15	3.569			
	c= c=	0.150			
Tamanho dos eletrodos					
	E1= c+a-f1-f2/2=	0.300			
	E2= E1+f1=	0.550			
	E3= E2+f2=	0.800			
	E4= E3+f3=	4.319			
Compressor					
	VA1= Vt (Pa/(Pa+Ph)=	10.80735755			
	VA2= Vt (Pa/(Pa+Pd)=	10.49905205			
	VA3= Vmax-VA1=	56.282			
	VA4= Vmax-VA2=	56.590			
idade mínima do compressor=VA4-VA3=		0.308			
te enchimento com pressão estática (min):		60.000			
	Vazão (l/min) =	938.034			
Notas:					
1) VA1= Volume de ar inicial, após enchimento da adutora com pressão estática (m3) - Sem atuar compres					
2) VA2= Volume de ar inicial, após enchimento da adutora com pressão dinâmica (m3) - Sem atuar compres					
3) VA3= Volume de ar, ministrado pelo compressor até o nível LSH (inferior normal), com pressão estática					
4) VA4= Volume de ar, ministrado pelo compressor até o nível LSH (inferior normal), com pressão dinâmica					
Espessura(polg)=					
	calculada=	0,289			
	Adotada=	0.938	15/16		
	(m)=	0.0238252			
Volume (m3)					
	cilindro=	1,897			
	tampas=	0,582			
peso (kg)		25.140.14			
pressão de colapso (psi)		14.55			
Preco aproximado em US\$		125.700.70			

---

**ANEXO II-A**  
**SIMULAÇÕES – LISTAGENS DE SAÍDA DE**  
**COMPUTADOR**

---

Descrição das listagens de computador apresentadas.

As listagens de computador apresentadas em anexo, estão referidas ao sistema separado em trechos, numerados conforme indicado no esquema seguinte. Estes trechos estão limitados por elementos de contorno, tais como elevatórias, chaminés, reservatórios, entroncamentos, derivações, etc., ou simplesmente uniões simples.

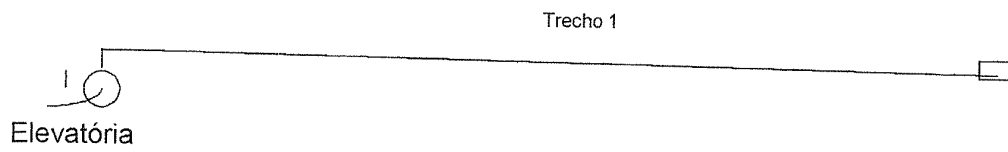
As listagens, em cada caso, contêm dados gerais, dados de cada trecho, indicação da origem do transitório, bem como as características dos elementos de contorno. Contêm também as características do regime em escoamento permanente que antecede o transitório a ser analisado.

Finalmente, apresenta-se em forma de tabelas o resultado do estudo, que corresponde às envoltórias de pressões máximas e mínimas em todas as seções dos trechos estudados, com indicação do tempo transcorrido a partir do instante inicial do transitório.

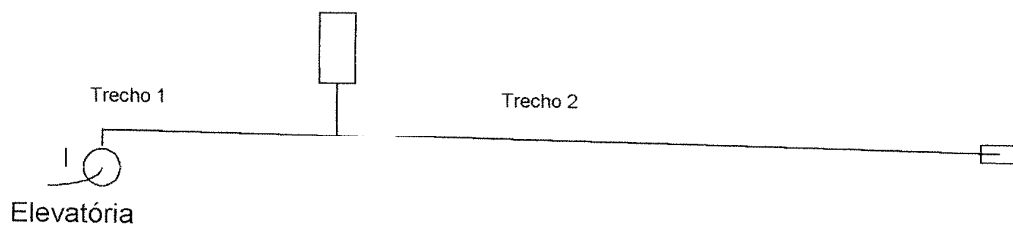
Os resultados são apresentados nas listagens das tabelas "Envoltórias de Pressões".

## Esquema de numeração de trechos

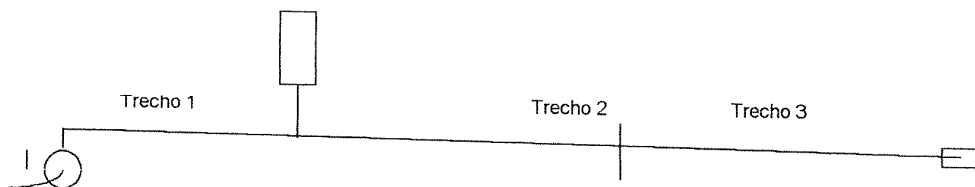
Sistema EB-I/1



Sistema EB-I/2



Sistema EB I/3





## RELAÇÃO DE SIMULAÇÕES

<u>SIMULAÇÃO</u>	<u>DESCRIÇÃO</u>	<u>PÁG.</u>
	Todas as simulações consideram transitório originado por parada súbita de bombas	
	Sistema EB-I/1	
2.1	Sistema sem proteção – Vazão mínima	A9
2.2	Sistema sem proteção – Vazão máxima	A9
2.3	Sistema com aumento de inércia e aprofundamento da linha– Vazão máxima	A17
	Sistema EB-I/2	
2.1	Sistema sem proteção – Vazão máxima Inc. alt de abaixamento de linha	A22
2.2	Sistema com aumento de inércia– Vazão máxima	A27
2.3	Sistema protegido com tanque hidropneumático	A32
2.4	Sistema protegido com chaminé de equilíbrio	A38
2.5	Sistema protegido com 1 TAU	A44
	Sistema EB-I/3	
3.1	Sistema sem proteção – Vazão máxima	A50
3.2	Sistema protegido com tanque hidropneumático	A55
3.3	Sistema com aumento de inércia e aprofundamento da linha– Vazão máxima	A61

41-1

# SIMULAÇÃO 1.1

## ANALISE DE ESCOAMENTO TRANSITORIO EM CONDUTOS FORCADOS

=====

- |                         |  |
|-------------------------|--|
| 1. PROJETO              | TRANSPOSICAO RIO SAO FRANCISCO         |
| 2. CLIENTE              | FUNARTE                                |
| 3. DATA                 | 01-08-2001 (m-d-a)                     |
| 4. DESCRICAO            | SISTEMA EB-I/1 - CONDICoes DE Q MINIMO |
| 5. ORIGEM DO TRANSIENTE | PARADA SUBITA DAS BOMBAS               |

=====

### DADOS GERAIS

=====

- |                                |          |   |
|--------------------------------|----------|---|
| 6. TEMPO DE SIMULACAO          | 180      | s |
| 7. INTERVALO DE TEMPO (dt)     | .0073    | s |
| 8. PASSO DE TEMPO P.IMP.SAIDAS | 99999    | s |
| 9. COTA PIEZOMETRICA INICIAL   | 361.4553 |   |
| 10. COTA TOPOGR.SECCAO INICIAL | 333.7    |   |
| 11. NUMERO DE TRECHOS          | 1        |   |

DADOS DOS TRECHOS

TRE- CHO	No SEC	CONDICAO CONTORNO		Qo (m <sup>3</sup> /s)	COMPR. (m)	DIAM. (mm)	K (mm)	'f'	a (m/s)	PONT TOP.	TOP. JUS.
1	10	1	4	12.015	70.00	2300.0	0.200	.01197	955	2	355.32

CONDICAO DE CONTORNO (LEGENDA)

- |                     |                    |                     |                    |
|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| 1. PARADA BOMBAS    | 6. VALV. RED/SUST  | 11. TANQ. AR COMPR. | 16. VENTOSAS       |
| 2. BOMB. OPERANDO   | 7. SAIDA LATERAL   | 12. VALV. DESCARGA  | 17. ESTR. CONTROLE |
| 3. RES. N. CTE MONT | 8. CHAMINE         | 13. EXTR. FECHADA   | 18. KOTAU.         |
| 4. RES. N. CTE. JUS | 9. TANQUE TAU      | 14. NO MULTIPLO     | 19. RETENCAO       |
| 5. JUNCAO SIMPLES   | 10. VAL. A JUSANTE | 15. NO MULT.+ACCESS | 20. INTERRUP. de Q |

DADOS DO PERFIL TOPOGRAFICO

TRECHO	PONTO	1	2
1	DIST.	16.3	60.0
	COTA	333.7	364.5

DADOS DAS CONDICÖES DE CONTORNO

=====

DADOS DA ELEVATORIA A MONTANTE DO TRECHO 1

-----

No DE BOMBAS EM PARALELO = 1  
ROTACAO DE REGIME = 327 R.P.M  
RENDIMENTO DAS BOMBAS = 88 %  
MOMENTO DE INERCIA /CONJ. = 4125 Kg.m2  
NUMERO DE RAMAIS NA DESCARGA = 1  
ALTURA DO N.A.DE SUCCAO ACIMA DO DATUM = 324.89 m  
COEFICIENTE 'K' NA DESCARGA = 3  
DIAMETRO DE DESCARGA DAS BOMBAS = 2 m

DADOS DA VALVULA DE DESCARGA

TIPO DE VALVULA =  
No DE PONTOS 't vs % abertura' = 2

PONTO	TEMPO (s)	% de abertura
1	0.0	100
2	%9000.0	100

CARACTERISTICAS EM REGIME PERMANENTE

---

TRE- CHO	VAZAO (m <sup>3</sup> /s)	SECAO	COTAS		PRESSAO (m)
			PIEZOM.	TOPOGRAF	
1	12.015				
		0	361.46	333.70	27.76
		1	361.44	333.70	27.74
		2	361.42	333.70	27.72
		3	361.41	337.01	24.40
		4	361.39	341.95	19.45
		5	361.38	346.88	14.50
		6	361.36	351.81	9.55
		7	361.35	356.75	4.60
		8	361.33	361.68	-0.35
		9	361.32	361.75	-0.43
		10	361.30	355.32	5.98

EVOLUCAO DAS CONDICICOES TRANSITORIAS DAS BOMBAS

TEMPO	B	TAU %	ALFA	v	Qbomba	Hbomba
0.58	1	100.00	0.61	0.56	6759	339.7
1.17	1	100.00	0.48	-0.10	-1192	336.8
1.75	1	100.00	0.34	-0.69	-8287	345.6
2.34	1	100.00	-0.09	-1.01	-12164	353.5
2.92	1	100.00	-0.65	-1.13	-13544	361.2
3.50	1	100.00	-1.05	-1.00	-12058	368.8
4.09	1	100.00	-1.21	-0.75	-9069	370.0
4.67	1	100.00	-1.20	-0.56	-6698	365.9
5.26	1	100.00	-1.13	-0.50	6022	361.0
5.84	1	100.00	-1.08	-0.55	-6554	358.9
6.42	1	100.00	-1.08	-0.61	-7305	359.5
7.01	1	100.00	-1.10	-0.64	-7657	360.9
7.59	1	100.00	-1.11	-0.63	-7586	361.8
8.18	1	100.00	-1.12	-0.61	-7364	361.9
8.76	1	100.00	-1.12	-0.60	-7219	361.5
9.34	1	100.00	-1.11	-0.60	-7206	361.1
9.93	1	100.00	-1.11	-0.60	-7264	361.1
10.51	1	100.00	-1.11	-0.61	-7317	361.1
11.10	1	100.00	-1.11	-0.61	-7331	361.3
11.68	1	100.00	-1.11	-0.61	-7319	361.3
12.26	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.3
12.85	1	100.00	-1.11	-0.61	-7294	361.2
13.43	1	100.00	-1.11	-0.61	-7296	361.2
14.02	1	100.00	-1.11	-0.61	-7301	361.2
14.60	1	100.00	-1.11	-0.61	-7304	361.2
15.18	1	100.00	-1.11	-0.61	-7304	361.2
15.77	1	100.00	-1.11	-0.61	-7303	361.2
16.35	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
16.94	1	100.00	-1.11	-0.61	-7301	361.2
17.52	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
18.10	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
18.69	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
19.27	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
19.86	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
20.44	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
21.02	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
21.61	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
22.19	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
22.78	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
23.36	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
23.94	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
24.53	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
25.11	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
25.70	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
26.28	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
26.86	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
27.45	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
28.03	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
28.62	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
29.20	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
29.78	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2

30.37	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
30.95	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
31.54	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
32.12	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
32.70	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
33.29	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
33.87	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
34.46	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
35.04	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
35.62	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
36.21	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
36.79	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
37.38	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
37.96	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
38.54	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
39.13	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
39.71	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
40.30	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
40.88	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
41.46	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
42.05	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
42.63	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
43.22	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
43.80	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
44.39	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
44.97	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
45.55	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
46.14	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
46.72	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
47.31	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
47.89	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
48.47	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
49.06	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
49.64	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
50.23	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
50.81	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
51.39	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
51.98	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
52.56	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
53.15	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
53.73	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
54.32	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
54.90	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
55.48	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
56.07	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
56.65	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
57.24	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
57.82	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
58.40	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
58.99	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
59.57	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
60.16	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
60.74	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
61.32	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
61.91	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
62.49	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
63.08	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
63.66	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
64.24	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
64.83	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2

65.41	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
66.00	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
66.58	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
67.17	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
67.75	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
68.33	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
68.92	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
69.50	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
70.09	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
70.67	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
71.25	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
71.84	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
72.42	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
73.01	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
73.59	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
74.17	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
74.76	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
75.34	1	100.00	-1.11	-0.61	7302	361.2
75.93	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
76.51	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
77.10	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
77.68	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
78.26	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
78.85	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
79.43	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
80.02	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
80.60	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
81.18	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
81.77	1	100.00	-1.11	-0.61	-7302	361.2
82.35						



⌄

RESULTADOS

=====

ESTES RESULTADOS CORRESPONDEM AO SEGUINTE CASO :

SISTEMA EB-I/1 - CONDICÕES DE Q MINIMO

=====

ENVOLVORIA DAS PRESSOES NO TRECHO 1

-----

SECAO	PRESSOES MAXIMAS (m)			PRESSOES MINIMAS (m)		
	COTA PIEZ.	PRESSAO	TEMPO (s)	COTA PIEZ.	PRESSAO	TEMPO (s)
0	370.3	36.6	3.8	336.8	3.1	1.2
1	369.4	35.7	3.8	339.0	5.3	1.2
2	368.5	34.8	3.8	341.2	7.5	1.2
3	367.6	30.6	3.8	343.5	6.5	1.1
4	366.7	24.8	3.8	345.9	4.0	1.1
5	365.8	18.9	3.8	348.4	1.5	1.1
6	364.9	13.1	3.8	350.9	-0.9	1.1
7	364.0	7.3	3.8	353.5	-3.3	1.1
8	363.1	1.4	3.8	356.0	-5.7	1.1
9	362.2	0.5	3.8	358.6	-3.1	1.1
10	361.3	6.0	180.0	361.3	6.0	180.0

SIMULAÇÃO 1.2

ANALISE DE ESCOAMENTO TRANSITORIO  
EM CONDUTOS FORCADOS

=====

1. PROJETO	TRANSPOSICAO RIO SAO FRANCISCO
2. CLIENTE	FUNARTE
3. DATA	01-08-2001 (m-d-a)
4. DESCRICAO	SISTEMA EB-I/1 - CONDICoes DE Q MAXIMO†
5. ORIGEM DO TRANSIENTE	PARADA SUBITA DAS BOMBAS

=====

DADOS GERAIS

=====

6. TEMPO DE SIMULACAO	180 s
7. INTERVALO DE TEMPO (dt)	.0073 s
8. PASSO DE TEMPO P.IMP.SAIDAS	99999 s
9. COTA PIEZOMETRICA INICIAL	356.943
10. COTA TOPOGR.SECCAO INICIAL	333.7
11. NUMERO DE TRECHOS	1

DADOS DOS TRECHOS

TRE- CHO	No SEC	CONDICAO CONTORNO		Qo (m3/s)	COMPR. (m)	DIAM. (mm)	K (mm)	'f'	a (m/s)	PONT TOP.	TOP. JUS.
		INIC	FIM								
1	10	1	4	14.880	70.00	2300.0	0.100	.01070	955	2	355.32

CONDICAO DE CONTORNO (LEGENDA)

- |                      |                    |                      |                    |
|----------------------|--------------------|----------------------|--------------------|
| 1. PARADA BOMBAS     | 6. VALV. RED/SUST  | 11. TANQ. AR COMPR.  | 16. VENTOSAS       |
| 2. BOMB. OPERANDO    | 7. SAIDA LATERAL   | 12. VALV. DESCARGA   | 17. ESTR. CONTROLE |
| 3. RES. N. CTE. MONT | 8. CHAMINE         | 13. EXTR. FECHADA    | 18. KOTAU.         |
| 4. RES. N. CTE. JUS  | 9. TANQUE TAU      | 14. NO MULTIPLO      | 19. RETENCAO       |
| 5. JUNCAO SIMPLES    | 10. VAL. A JUSANTE | 15. NO MULT. +ACCESS | 20. INTERRUP. de Q |

DADOS DO PERFIL TOPOGRAFICO

TRECHO	PONTO	1	2
1	DIST.	16.3	60.0
	COTA	333.7	364.5

DADOS DAS CONDICÖES DE CONTORNO

=====

DADOS DA ELEVATORIA A MONTANTE DO TRECHO 1

-----

No DE BOMBAS EM PARALELO = 1  
ROTACAO DE REGIME = 327 R.P.M  
RENDIMENTO DAS BOMBAS = 88 %  
MOMENTO DE INERCIA /CONJ. = 4125 Kg.m2  
NUMERO DE RAMAIS NA DESCARGA = 1  
ALTURA DO N.A.DE SUCCAO ACIMA DO DATUM = 329.32 m  
COEFICIENTE 'K' NA DESCARGA = 3  
DIAMETRO DE DESCARGA DAS BOMBAS = 2 m

DADOS DA VALVULA DE DESCARGA

TIPO DE VALVULA =  
No DE PONTOS 't vs % abertura' - 2

PONTO	TEMPO (s)	% de abertura
1	0.0	100
2	%9000.0	100

CARACTERISTICAS EM REGIME PERMANENTE

---

TRE- CHO	VAZAO (m <sup>3</sup> /s)	SECAO	COTAS		PRESSAO (m)
			PIEZOM.	TOPOGRAF	
1	14.880				
		0	356.94	333.70	23.24
		1	356.92	333.70	23.22
		2	356.90	333.70	23.20
		3	356.88	337.01	19.87
		4	356.86	341.95	14.91
		5	356.84	346.88	9.96
		6	356.82	351.81	5.00
		7	356.79	356.75	0.05
		8	356.77	361.68	-4.91
		9	356.75	361.75	4.99
		10	356.73	355.32	1.41

EVOLUCAO DAS CONDICÕES TRANSITORIAS DAS BOMBAS

TEMPO	B	TAU %	ALFA	v	Qbomba	Hbomba
0.58	1	100.00	0.63	0.69	10318	338.3
1.17	1	100.00	0.45	0.25	3741	336.5
1.75	1	100.00	0.33	-0.18	-2680	339.5
2.34	1	100.00	0.07	-0.46	-6828	347.4
2.92	1	100.00	-0.25	-0.69	-10232	346.3
3.50	1	100.00	-0.58	-0.91	-13536	348.0
4.09	1	100.00	-0.87	-1.07	-15952	350.8
4.67	1	100.00	-1.07	-1.18	-17526	352.8
5.26	1	100.00	-1.19	-1.24	-18501	354.2
5.84	1	100.00	-1.25	-1.28	-19081	355.1
6.42	1	100.00	-1.29	-1.30	-19412	355.7
7.01	1	100.00	-1.31	-1.32	-19598	356.0
7.59	1	100.00	-1.32	-1.32	-19700	356.1
8.18	1	100.00	-1.33	-1.33	-19756	356.2
8.76	1	100.00	-1.33	-1.33	-19787	356.3
9.34	1	100.00	-1.33	-1.33	-19804	356.3
9.93	1	100.00	-1.33	-1.33	-19813	356.3
10.51	1	100.00	-1.33	-1.33	-19818	356.3
11.10	1	100.00	-1.33	-1.33	-19820	356.3
11.68	1	100.00	-1.33	-1.33	-19822	356.4
12.26	1	100.00	-1.33	-1.33	-19823	356.4
12.85	1	100.00	-1.33	-1.33	-19823	356.4
13.43	1	100.00	-1.33	-1.33	-19823	356.4
14.02	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
14.60	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
15.18	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
15.77	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
16.35	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
16.94	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
17.52	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
18.10	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
18.69	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
19.27	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
19.86	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
20.44	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
21.02	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
21.61	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
22.19	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
22.78	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
23.36	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
23.94	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
24.53	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
25.11	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
25.70	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
26.28	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
26.86	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
27.45	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
28.03	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
28.62	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
29.20	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
29.78	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
30.37	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4

30.95	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
31.54	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
32.12	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
32.70	1	100.00	-1.33	-1.33	19824	356.4
33.29	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
33.87	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
34.46	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
35.04	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
35.62	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
36.21	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
36.79	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
37.38	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
37.96	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
38.54	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
39.13	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
39.71	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
40.30	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
40.88	1	100.00	-1.33	1.33	-19824	356.4
41.46	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
42.05	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
42.63	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
43.22	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
43.80	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
44.39	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
44.97	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
45.55	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
46.14	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
46.72	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
47.31	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
47.89	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
48.47	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
49.06	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
49.64	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
50.23	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
50.81	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
51.39	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
51.98	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
52.56	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
53.15	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
53.73	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
54.32	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
54.90	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
55.48	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
56.07	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
56.65	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
57.24	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
57.82	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
58.40	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
58.99	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
59.57	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
60.16	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
60.74	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
61.32	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
61.91	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
62.49	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
63.08	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
63.66	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
64.24	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
64.83	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
65.41	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4

66.00	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
66.58	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
67.17	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
67.75	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
68.33	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
68.92	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
69.50	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
70.09	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
70.67	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
71.25	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
71.84	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
72.42	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
73.01	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
73.59	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
74.17	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
74.76	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
75.34	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
75.93	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
76.51	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
77.10	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
77.68	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
78.26	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
78.85	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
79.43	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4
80.02	1	100.00	-1.33	-1.33	-19824	356.4



↓

RESULTADOS

=====

ESTES RESULTADOS CORRESPONDEM AO SEGUINTE CASO :  
SISTEMA EB-I/1 - CONDICÕES DE Q MÁXIMO

=====

ENVOLTORIA DAS PRESSÕES NO TRECHO 1

-----

SECAO	PRESSOES MAXIMAS (m)			PRESSOES MINIMAS (m)		
	COTA PIEZ.	PRESSAO	TEMPO(s)	COTA PIEZ.	PRESSAO	TEMPO(s)
0	356.9	23.2	0.0	336.5	2.8	1.2
1	356.9	23.2	0.0	338.3	4.6	1.2
2	356.9	23.2	0.0	340.2	6.5	1.2
3	356.9	19.9	0.0	342.1	5.1	1.1
4	356.9	14.9	0.0	344.1	2.1	1.1
5	356.8	10.0	0.0	346.1	-0.8	1.1
6	356.8	5.0	0.0	348.2	-3.6	1.3
7	356.8	0.0	0.1	350.2	-6.5	1.3
8	356.8	-4.9	0.1	352.4	-9.3	1.3
9	356.8	-5.0	0.1	354.5	-7.2	1.2
10	356.7	1.4	180.0	356.7	1.4	180.0

# SIMULAÇÃO 1.3

## ANALISE DE ESCOAMENTO TRANSITORIO

### EM CONDUTOS FORCADOS

=====

1. PROJETO	TRANSPOSICAO RIO SAO FRANCISCO
2. CLIENTE	FUNARTE
3. DATA	01-18-2001 (m-d-a)
4. DESCRICAO	
	SISTEMA EB-I/1 - CONDICoes DE Q MAXIMO*
5. ORIGEM DO TRANSIENTE	
PARADA SUBITA DAS BOMBAS - COM AUMENTO DE INERCIA	

=====

### DADOS GERAIS

=====

6. TEMPO DE SIMULACAO	180 s
7. INTERVALO DE TEMPO (dt)	.0073 s
8. PASSO DE TEMPO P.IMP.SAIDAS	99999 s
9. COTA PIEZOMETRICA INICIAL	356.943
10. COTA TOPOGR.SECCAO INICIAL	333.7
11. NUMERO DE TRECHOS	1

DADOS DOS TRECHOS

```

=====
          CONDICAO
TRE-  No  CONTORNO  Qo  COMPR.  DIAM.  K  'f'  a  PONT  TOP.
CHO  SEC  INIC FIM  (m3/s)  (m)  (mm)  (mm)  (m/s) TOP.  JUS.
-----
  1   10   1    4  14.880   70.00  2300.0  0.100  .01070  955   2  355.32
  
```

CONDICAO DE CONTORNO (LEGENDA)

- ```

-----
 1. PARADA BOMBAS      6. VALV. RED/SUST    11. TANQ. AR COMPR.  16. VENTOSAS
 2. BOMB. OPERANDO    7. SAIDA LATERAL    12. VALV. DESCARGA  17. ESTR. CONTROLE
 3. RES. N. CTE MONT  8. CHAMINE          13. EXTR. FECHADA   18. KOTAU.
 4. RES. N. CTE JUS   9. TANQUE TAU       14. NO MULTIPLO    19. RETENCAO
 5. JUNCAO SIMPLES   10. VAL. A JUSANTE  15. NO MULT. +ACESS 20. INTERRUP. de Q
  
```

DADOS DO PERFIL TOPOGRAFICO

```

-----
TRECHO PONTO      1      2
  1  DIST.      16.3   60.0
     COTA      333.7  364.5
  
```

DADOS DAS CONDICÖES DE CONTORNO

=====

DADOS DA ELEVATORIA A MONTANTE DO TRECHO 1

-----

Numero DE BOMBAS EM PARALELO = 1  
ROTACAO DE REGIME = 327 R.P.M  
RENDIMENTO DAS BOMBAS = 88 %  
MOMENTO DE INERCIA /CONJ. = 12000 Kg.m2  
NUMERO DE RAMAIS NA DESCARGA - 1  
ALTURA DO N.A.DE SUCCAO ACIMA DO DATUM = 329.32 m  
COEFICIENTE 'K' NA DESCARGA = 3  
DIAMETRO DE DESCARGA DAS BOMBAS = 2 m

DADOS DA VALVULA DE DESCARGA

TIPO DE VALVULA =  
CURVA DE PONTOS 't vs % abertura' - 2

| PONTO | TEMPO (s) | % de abertura |
|-------|-----------|---------------|
| 1     | 0.0       | 100           |
| 2     | %9000.0   | 100           |

CARACTERISTICAS EM REGIME PERMANENTE

-----

| TRE-<br>CHO | VAZAO<br>(m <sup>3</sup> /s) | SECAO | COTAS   |          | PRESSAO<br>(m) |
|-------------|------------------------------|-------|---------|----------|----------------|
|             |                              |       | PIEZOM. | TOPOGRAF |                |
| 1           | 14.880                       |       |         |          |                |
|             |                              | 0     | 356.94  | 333.70   | 23.24          |
|             |                              | 1     | 356.92  | 333.70   | 23.22          |
|             |                              | 2     | 356.90  | 333.70   | 23.20          |
|             |                              | 3     | 356.88  | 337.01   | 19.87          |
|             |                              | 4     | 356.86  | 341.95   | 14.91          |
|             |                              | 5     | 356.84  | 346.88   | 9.96           |
|             |                              | 6     | 356.82  | 351.81   | 5.00           |
|             |                              | 7     | 356.79  | 356.75   | 0.05           |
|             |                              | 8     | 356.77  | 361.68   | -4.91          |
|             |                              | 9     | 356.75  | 361.75   | -4.99          |
|             |                              | 10    | 356.73  | 355.32   | 1.41           |

NR 2000

RESULTADOS

=====

ESTES RESULTADOS CORRESPONDEM AO SEGUINTE CASO :  
SISTEMA EB-I/1 - CONDICÕES DE Q MAXIMO

=====

ENVOLTORIA DAS PRESSOES NO TRECHO 1

-----

| SECAO | PRESSOES MAXIMAS (m) |         |           | PRESSOES MINIMAS (m) |         |           |
|-------|----------------------|---------|-----------|----------------------|---------|-----------|
|       | COTA PIEZ.           | PRESSAO | TEMPO (s) | COTA PIEZ.           | PRESSAO | TEMPO (s) |
| 0     | 356.9                | 23.2    | 0.0       | 342.9                | 9.2     | 1.8       |
| 1     | 356.9                | 23.2    | 0.0       | 344.3                | 10.6    | 1.7       |
| 2     | 356.9                | 23.2    | 0.0       | 345.6                | 11.9    | 1.7       |
| 3     | 356.9                | 19.9    | 0.0       | 347.0                | 10.0    | 1.7       |
| 4     | 356.9                | 14.9    | 0.0       | 348.3                | 6.4     | 1.7       |
| 5     | 356.8                | 10.0    | 0.0       | 349.7                | 2.8     | 1.7       |
| 6     | 356.8                | 5.0     | 0.0       | 351.1                | -0.7    | 1.7       |
| 7     | 356.8                | 0.0     | 0.1       | 352.5                | -4.2    | 1.7       |
| 8     | 356.8                | -4.9    | 0.1       | 353.9                | -7.8    | 1.7       |
| 9     | 356.8                | -5.0    | 0.1       | 355.3                | -6.4    | 1.7       |
| 10    | 356.7                | 1.4     | 180.0     | 356.7                | 1.4     | 180.0     |

21-5

# SIMULAÇÃO 2.1

ANALISE DE ESCOAMENTO TRANSITORIO

EM CONDUTOS FORCADOS

=====

|                         |                                     |
|-------------------------|-------------------------------------|
| 1. PROJETO              | TRANSPOSICAO RIO SAO FRANCISCO      |
| 2. CLIENTE              | FUNCATE                             |
| 3. DATA                 | 01-18-2001 (m-d-a)                  |
| 4. DESCRICAO            |                                     |
|                         | SISTEMA EB-I/2 -SEM PROTEÇ  O†      |
| 5. ORIGEM DO TRANSIENTE | PARADA SUBITA DAS BOMBAS - Q MAXIMO |

=====

## DADOS GERAIS

=====

|                                |          |
|--------------------------------|----------|
| 6. TEMPO DE SIMULACAO          | 600 s    |
| 7. INTERVALO DE TEMPO (dt)     | .01675 s |
| 8. PASSO DE TEMPO P.IMP.SAIDAS | 999999 s |
| 9. COTA PIEZOMETRICA INICIAL   | 405.6612 |
| 10. COTA TOPOGR.SECCAO INICIAL | 360.21   |
| 11. NUMERO DE TRECHOS          | 2        |

DADOS DOS TRECHOS

| TRE-<br>CHO | No<br>SEC | CONDICAO<br>CONTORNO |     | Qo<br>(m3/s) | COMPR.<br>(m) | DIAM.<br>(mm) | K<br>(mm) | 'f'    | a<br>(m/s) | PONT<br>TOP. | TOP.<br>JUS. |
|-------------|-----------|----------------------|-----|--------------|---------------|---------------|-----------|--------|------------|--------------|--------------|
|             |           | INIC                 | FIM |              |               |               |           |        |            |              |              |
| 1           | 4         | 1                    | 5   | 26.880       | 64.00         | 3000.0        | 0.100     | .01020 | 955        | 1            | 385.00       |
| 2           | 10        | 5                    | 4   | 26.880       | 160.00        | 3000.0        | 0.100     | .01020 | 955        | 3            | 403.45       |

CONDICAO DE CONTORNO (LEGENDA)

|                     |                    |                     |                    |
|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| 1. PARADA BOMBAS    | 6. VALV. RED/SUST  | 11. TANQ. AR COMPR. | 16. VENTOSAS       |
| 2. BOMB. OPERANDO   | 7. SAIDA LATERAL   | 12. VALV. DESCARGA  | 17. ESTR. CONTROLE |
| 3. RES. N. CTE MONT | 8. CHAMINE         | 13. EXTR. FECHADA   | 18. KOTAU.         |
| 4. RES. N. CTE. JUS | 9. TANQUE TAU      | 14. NO MULTIPLO     | 19. RETENCAO       |
| 5. JUNCAO SIMPLES   | 10. VAL. A JUSANTE | 15. NO MULT. +ACESS | 20. INTERRUP. de Q |

DADOS DO PERFIL TOPOGRAFICO

| TRECHO | PONTO | 1     | 2     | 3     |
|--------|-------|-------|-------|-------|
| 1      | DIST. | 17.0  |       |       |
|        | COTA  | 360.2 |       |       |
| 2      | DIST. | 123.0 | 147.0 | 156.0 |
|        | COTA  | 397.0 | 413.4 | 403.5 |



DADOS DOS TRECHOS

| TRE-<br>CHO | No<br>SEC | CONDICAO<br>CONTORNO |     | Qo<br>(m3/s) | COMPR.<br>(m) | DIAM.<br>(mm) | K<br>(mm) | 'f'    | a<br>(m/s) | PONT<br>TOP. | TOP.<br>JUS. |
|-------------|-----------|----------------------|-----|--------------|---------------|---------------|-----------|--------|------------|--------------|--------------|
|             |           | INIC                 | FIM |              |               |               |           |        |            |              |              |
| 1           | 4         | 1                    | 5   | 26.880       | 64.00         | 3000.0        | 0.100     | .01020 | 955        | 1            | 371.00       |
| 2           | 10        | 5                    | 4   | 26.880       | 160.00        | 3000.0        | 0.100     | .01020 | 955        | 3            | 403.45       |

CONDICAO DE CONTORNO (LEGENDA)

|                     |                    |                     |                    |
|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| 1. PARADA BOMBAS    | 6. VALV. RED/SUST  | 11. TANQ. AR COMPR. | 16. VENTOSAS       |
| 2. BOMB. OPERANDO   | 7. SAIDA LATERAL   | 12. VALV. DESCARGA  | 17. ESTR. CONTROLE |
| 3. RES. N. CTE MONT | 8. CIAMINE         | 13. EXTR. FECHADA   | 18. KOTAU.         |
| 4. RES. N. CTE. JUS | 9. TANQUE TAU      | 14. NO MULTIPLO     | 19. RETENCAO       |
| 5. JUNCAO SIMPLES   | 10. VAL. A JUSANTE | 15. NO MULT. +ACESS | 20. INTERRUP. de Q |

DADOS DO PERFIL TOPOGRAFICO

| TRECHO | PONTO | 1     | 2     | 3     |
|--------|-------|-------|-------|-------|
| 1      | DIST. | 17.0  |       |       |
|        | COTA  | 360.2 |       |       |
| 2      | DIST. | 123.0 | 147.0 | 156.0 |
|        | COTA  | 394.0 | 413.4 | 403.5 |

DADOS DAS CONDICÖES DE CONTORNO

=====

DADOS DA ELEVATORIA A MONTANTE DO TRECHO 1

-----

|                                        |   |             |
|----------------------------------------|---|-------------|
| Q DE BOMBAS EM PARALELO                | = | 1           |
| ROTACAO DE REGIME                      | = | 327 R.P.M   |
| RENDIMENTO DAS BOMBAS                  | = | 89 %        |
| MOMENTO DE INERCIA /CONJ.              | = | 20650 Kg.m2 |
| NUMERO DE RAMAIS NA DESCARGA           | = | 1           |
| ALTURA DO N.A.DE SUCCAO ACIMA DO DATUM | = | 355.74 m    |
| COEFICIENTE 'K' NA DESCARGA            | = | 5           |
| DIAMETRO DE DESCARGA DAS BOMBAS        | = | 2 m         |
| BOMBAS MUNIDAS DE VALVULA DE RETENCAO  |   |             |

CARACTERISTICAS EM REGIME PERMANENTE

---

| TRE-<br>CHO | VAZAO<br>(m <sup>3</sup> /s) | SECAO | COTAS   |          | PRESSAO<br>(m) |
|-------------|------------------------------|-------|---------|----------|----------------|
|             |                              |       | PIEZOM. | TOPOGRAF |                |
| 1           | 26.880                       |       |         |          |                |
|             |                              | 0     | 405.66  | 360.21   | 45.45          |
|             |                              | 1     | 405.62  | 360.21   | 45.41          |
|             |                              | 2     | 405.58  | 368.12   | 37.46          |
|             |                              | 3     | 405.54  | 376.56   | 28.98          |
|             |                              | 4     | 405.50  | 385.00   | 20.50          |
| 2           | 26.880                       |       |         |          |                |
|             |                              | 0     | 405.50  | 385.00   | 20.50          |
|             |                              | 1     | 405.46  | 386.56   | 18.90          |
|             |                              | 2     | 405.42  | 388.12   | 17.30          |
|             |                              | 3     | 405.38  | 389.68   | 15.70          |
|             |                              | 4     | 405.34  | 391.24   | 14.10          |
|             |                              | 5     | 405.30  | 392.80   | 12.50          |
|             |                              | 6     | 405.26  | 394.37   | 10.89          |
|             |                              | 7     | 405.22  | 395.93   | 9.29           |
|             |                              | 8     | 405.18  | 400.42   | 4.76           |
|             |                              | 9     | 405.14  | 411.35   | -6.21          |
|             |                              | 10    | 405.10  | 403.45   | 1.65           |

CARACTERISTICAS EM REGIME PERMANENTE

---

| TRE-<br>CHO | VAZAO<br>(m3/s) | SECAO | COTAS<br>PIEZOM. | TOPOGRAF | PRESSAO<br>(m) |
|-------------|-----------------|-------|------------------|----------|----------------|
| 1           | 26.880          | 0     | 405.66           | 360.21   | 45.45          |
|             |                 | 1     | 405.62           | 360.21   | 45.41          |
|             |                 | 2     | 405.58           | 363.65   | 41.93          |
|             |                 | 3     | 405.54           | 367.33   | 38.21          |
|             |                 | 4     | 405.50           | 371.00   | 34.50          |
| 2           | 26.880          | 0     | 405.50           | 371.00   | 34.50          |
|             |                 | 1     | 405.46           | 373.99   | 31.47          |
|             |                 | 2     | 405.42           | 376.98   | 28.44          |
|             |                 | 3     | 405.38           | 379.98   | 25.40          |
|             |                 | 4     | 405.34           | 382.97   | 22.37          |
|             |                 | 5     | 405.30           | 385.96   | 19.34          |
|             |                 | 6     | 405.26           | 388.95   | 16.31          |
|             |                 | 7     | 405.22           | 391.94   | 13.28          |
|             |                 | 8     | 405.18           | 398.04   | 7.14           |
|             |                 | 9     | 405.14           | 410.98   | -5.84          |
|             |                 | 10    | 405.10           | 403.45   | 1.65           |

A25A

RESULTADOS

=====
   
ESTES RESULTADOS CORRESPONDEM AO SEGUINTE CASO : SISTEMA EB-I/2 -SEM PROTEÇ||O
   
=====

ENVOLTORIA DAS PRESSOES NO TRECHO 1

| SECAO | PRESSOES MAXIMAS (m) |         |           | PRESSOES MINIMAS (m) |         |           |
|-------|----------------------|---------|-----------|----------------------|---------|-----------|
|       | COTA PIEZ.           | PRESSAO | TEMPO (s) | COTA PIEZ.           | PRESSAO | TEMPO (s) |
| 0     | 442.9                | 82.7    | 2.9       | 363.9                | 3.7     | 0.9       |
| 1     | 440.6                | 80.4    | 2.9       | 365.9                | 5.6     | 0.9       |
| 2     | 437.6                | 69.5    | 2.9       | 367.9                | -0.2    | 0.9       |
| 3     | 434.7                | 58.2    | 2.9       | 370.1                | -6.5    | 0.9       |
| 4     | 432.0                | 47.0    | 3.0       | 372.4                | -12.6   | 0.9       |

TEMPO DE PARADA DA(S) BOMBA(S) = 2.445501 s

ENVOLTORIA DAS PRESSOES NO TRECHO 2

| SECAO | PRESSOES MAXIMAS (m) |         |           | PRESSOES MINIMAS (m) |         |           |
|-------|----------------------|---------|-----------|----------------------|---------|-----------|
|       | COTA PIEZ.           | PRESSAO | TEMPO (s) | COTA PIEZ.           | PRESSAO | TEMPO (s) |
| 0     | 432.0                | 47.0    | 3.0       | 372.4                | -12.6   | 0.9       |
| 1     | 429.3                | 42.7    | 2.8       | 374.9                | -11.6   | 0.9       |
| 2     | 427.0                | 38.9    | 2.8       | 377.6                | -10.6   | 0.8       |
| 3     | 424.5                | 34.9    | 2.8       | 380.3                | -9.3    | 0.8       |
| 4     | 422.0                | 30.8    | 2.8       | 383.3                | -8.0    | 0.8       |
| 5     | 419.4                | 26.5    | 2.8       | 386.4                | -6.4    | 0.8       |
| 6     | 416.8                | 22.5    | 3.1       | 389.7                | -4.7    | 0.8       |
| 7     | 414.6                | 18.7    | 3.1       | 393.2                | -2.7    | 0.8       |
| 8     | 411.9                | 11.5    | 3.1       | 396.9                | -3.5    | 0.7       |
| 9     | 408.5                | -2.8    | 3.1       | 400.9                | -10.5   | 0.7       |
| 10    | 405.1                | 1.6     | 485.3     | 405.1                | 1.6     | 485.3     |

↓

RESULTADOS

=====

ESTES RESULTADOS CORRESPONDEM AO SEGUINTE CASO :  
 SISTEMA EB-I/2 -SEM PROTEÇ||O - APROFUNDAMENTO DA LINHA

=====

ENVOLTORIA DAS PRESSOES NO TRECHO 1

| SECAO | PRESSOES MAXIMAS (m) |         |           | PRESSOES MINIMAS (m) |         |           |
|-------|----------------------|---------|-----------|----------------------|---------|-----------|
|       | COTA PIEZ.           | PRESSAO | TEMPO (s) | COTA PIEZ.           | PRESSAO | TEMPO (s) |
| 0     | 442.9                | 82.7    | 2.9       | 363.9                | 3.7     | 0.9       |
| 1     | 440.6                | 80.4    | 2.9       | 365.9                | 5.6     | 0.9       |
| 2     | 437.6                | 73.9    | 2.9       | 367.9                | 4.3     | 0.9       |
| 3     | 434.7                | 67.4    | 2.9       | 370.1                | 2.8     | 0.9       |
| 4     | 432.0                | 61.0    | 3.0       | 372.4                | 1.4     | 0.9       |

TEMPO DE PARADA DA(S) BOMBA(S) = 2.445501 s

↓

ENVOLTORIA DAS PRESSOES NO TRECHO 2

| SECAO | PRESSOES MAXIMAS (m) |         |           | PRESSOES MINIMAS (m) |         |           |
|-------|----------------------|---------|-----------|----------------------|---------|-----------|
|       | COTA PIEZ.           | PRESSAO | TEMPO (s) | COTA PIEZ.           | PRESSAO | TEMPO (s) |
| 0     | 432.0                | 61.0    | 3.0       | 372.4                | 1.4     | 0.9       |
| 1     | 429.3                | 55.3    | 2.8       | 374.9                | 0.9     | 0.9       |
| 2     | 427.0                | 50.0    | 2.8       | 377.6                | 0.6     | 0.8       |
| 3     | 424.5                | 44.6    | 2.8       | 380.3                | 0.4     | 0.8       |
| 4     | 422.0                | 39.0    | 2.8       | 383.3                | 0.3     | 0.8       |
| 5     | 419.4                | 33.4    | 2.8       | 386.4                | 0.4     | 0.8       |
| 6     | 416.8                | 27.9    | 3.1       | 389.7                | 0.8     | 0.8       |
| 7     | 414.6                | 22.7    | 3.1       | 393.2                | 1.3     | 0.8       |
| 8     | 411.9                | 13.9    | 3.1       | 396.9                | -1.1    | 0.7       |
| 9     | 408.5                | -2.4    | 3.1       | 400.9                | -10.1   | 0.7       |
| 10    | 405.1                | 1.6     | 300.0     | 405.1                | 1.6     | 300.0     |

A 26A

# SIMULAÇÃO 2.2

## ANALISE DE ESCOAMENTO TRANSITORIO

### EM CONDUTOS FORCADOS

=====

|                         |                                                               |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------|
| 1. PROJETO              | TRANSPOSICAO RIO SAO FRANCISCO                                |
| 2. CLIENTE              | FUNCATE                                                       |
| 3. DATA                 | 01-26-2001 (m-d-a)                                            |
| 4. DESCRICAO            | SISTEMA EB-1/2 - AUMENTO DE INÉRCIA E APROFUNDAMENTO DA LINHA |
| 5. ORIGEM DO TRANSIENTE | PARADA SUBITA DAS BOMBAS - Q MAXIMO                           |

=====

### DADOS GERAIS

=====

|                                |          |
|--------------------------------|----------|
| 6. TEMPO DE SIMULACAO          | 300 s    |
| 7. INTERVALO DE TEMPO (dt)     | .01675 s |
| 8. PASSO DE TEMPO P.IMP.SAIDAS | 999999 s |
| 9. COTA PIEZOMETRICA INICIAL   | 405.6612 |
| 10. COTA TOPOGR.SECCAO INICIAL | 360.21   |
| 11. NUMERO DE TRECHOS          | 2        |

DADOS DOS TRECHOS

| TRE-CHO | No SEC | CONDICAO CONTORNO |     | Qo (m3/s) | COMPR. (m) | DIAM. (mm) | K (mm) | 'f'    | a (m/s) | PONT TOP. | TOP. JUS. |
|---------|--------|-------------------|-----|-----------|------------|------------|--------|--------|---------|-----------|-----------|
|         |        | INIC              | FIM |           |            |            |        |        |         |           |           |
| 1       | 4      | 1                 | 5   | 26.880    | 64.00      | 3000.0     | 0.100  | .01020 | 955     | 1         | 377.00    |
| 2       | 10     | 5                 | 4   | 26.880    | 160.00     | 3000.0     | 0.100  | .01020 | 955     | 3         | 403.45    |

CONDICAO DE CONTORNO (LEGENDA)

|                     |                    |                     |                    |
|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| 1. PARADA BOMBAS    | 6. VALV. RED/SUST  | 11. TANQ. AR COMPR. | 16. VENTOSAS       |
| 2. BOMB. OPERANDO   | 7. SAIDA LATERAL   | 12. VALV. DESCARGA  | 17. ESTR. CONTROLE |
| 3. RES. N. CTE MONT | 8. CHAMINE         | 13. EXTR. FECHADA   | 18. KOTAU.         |
| 4. RES. N. CTE. JUS | 9. TANQUE TAU      | 14. NO MULTIPLO     | 19. RETENCAO       |
| 5. JUNCAO SIMPLES   | 10. VAL. A JUSANTE | 15. NO MULT.+ACCESS | 20. INTERRUP. de Q |

DADOS DO PERFIL TOPOGRAFICO

| TRECHO | PONTO | 1     | 2     | 3     |
|--------|-------|-------|-------|-------|
| 1      | DIST. | 17.0  |       |       |
|        | COTA  | 360.2 |       |       |
| 2      | DIST. | 123.0 | 147.0 | 156.0 |
|        | COTA  | 394.0 | 413.4 | 403.5 |



DADOS DAS CONDICÖES DE CONTORNO

=====

DADOS DA ELEVATORIA A MONTANTE DO TRECHO 1

-----

|                                        |   |             |
|----------------------------------------|---|-------------|
| NO DE BOMBAS EM PARALELO               | = | 1           |
| ROTACAO DE REGIME                      | = | 327 R.P.M   |
| RENDIMENTO DAS BOMBAS                  | = | 89 %        |
| MOMENTO DE INERCIA /CONJ.              | = | 28000 Kg.m2 |
| NUMERO DE RAMAIS NA DESCARGA           | = | 1           |
| ALTURA DO N.A.DE SUCCAO ACIMA DO DATUM | = | 355.74 m    |
| COEFICIENTE `K' NA DESCARGA            | = | 5           |
| DIAMETRO DE DESCARGA DAS BOMBAS        | = | 2 m         |
| BOMBAS MUNIDAS DE VALVULA DE RETENCAO  |   |             |

CARACTERISTICAS EM REGIME PERMANENTE

---

| TRE-<br>CHO | VAZAO<br>(m <sup>3</sup> /s) | SECAO | COTAS<br>PIEZOM. | TOPOGRAF | PRESSAO<br>(m) |
|-------------|------------------------------|-------|------------------|----------|----------------|
| 1           | 26.880                       | 0     | 405.66           | 360.21   | 45.45          |
|             |                              | 1     | 405.62           | 360.21   | 45.41          |
|             |                              | 2     | 405.58           | 365.57   | 40.01          |
|             |                              | 3     | 405.54           | 371.28   | 34.26          |
|             |                              | 4     | 405.50           | 377.00   | 28.50          |
| 2           | 26.880                       | 0     | 405.50           | 377.00   | 28.50          |
|             |                              | 1     | 405.46           | 379.21   | 26.25          |
|             |                              | 2     | 405.42           | 381.42   | 24.00          |
|             |                              | 3     | 405.38           | 383.63   | 21.75          |
|             |                              | 4     | 405.34           | 385.85   | 19.49          |
|             |                              | 5     | 405.30           | 388.06   | 17.24          |
|             |                              | 6     | 405.26           | 390.27   | 14.99          |
|             |                              | 7     | 405.22           | 392.48   | 12.74          |
|             |                              | 8     | 405.18           | 398.04   | 7.14           |
|             |                              | 9     | 405.14           | 410.98   | -5.84          |
|             |                              | 10    | 405.10           | 403.45   | 1.65           |

↓

RESULTADOS

=====

ESTES RESULTADOS CORRESPONDEM AO SEGUINTE CASO :

SISTEMA EB-I/2 - AUMENTO DE INÉRCIA E APROFUNDAMENTO DA LINHA

=====

ENVOLTORIA DAS PRESSOES NO TRECHO 1

-----

| SECAO | PRESSOES MAXIMAS (m) |         |           | PRESSOES MINIMAS (m) |         |           |
|-------|----------------------|---------|-----------|----------------------|---------|-----------|
|       | COTA PIEZ.           | PRESSAO | TEMPO (s) | COTA PIEZ.           | PRESSAO | TEMPO (s) |
| 0     | 439.8                | 79.6    | 3.2       | 368.9                | 8.7     | 0.9       |
| 1     | 438.3                | 78.1    | 3.2       | 370.9                | 10.6    | 0.9       |
| 2     | 436.2                | 70.6    | 3.2       | 372.9                | 7.3     | 0.9       |
| 3     | 434.1                | 62.8    | 3.2       | 375.0                | 3.7     | 0.9       |
| 4     | 431.7                | 54.7    | 3.2       | 377.1                | 0.1     | 0.9       |

TEMPO DE PARADA DA(S) BOMBA(S) = 2.730253 s

↓

ENVOLTORIA DAS PRESSOES NO TRECHO 2

-----

| SECAO | PRESSOES MAXIMAS (m) |         |           | PRESSOES MINIMAS (m) |         |           |
|-------|----------------------|---------|-----------|----------------------|---------|-----------|
|       | COTA PIEZ.           | PRESSAO | TEMPO (s) | COTA PIEZ.           | PRESSAO | TEMPO (s) |
| 0     | 431.7                | 54.7    | 3.2       | 377.1                | 0.1     | 0.9       |
| 1     | 429.2                | 50.0    | 3.2       | 379.4                | 0.2     | 0.9       |
| 2     | 426.8                | 45.4    | 3.2       | 381.8                | 0.4     | 0.8       |
| 3     | 424.3                | 40.6    | 3.2       | 384.3                | 0.6     | 0.8       |
| 4     | 421.7                | 35.8    | 3.1       | 386.8                | 1.0     | 0.8       |
| 5     | 419.1                | 31.1    | 3.1       | 389.6                | 1.5     | 0.8       |
| 6     | 416.5                | 26.2    | 3.1       | 392.4                | 2.1     | 0.8       |
| 7     | 413.7                | 21.2    | 3.1       | 395.3                | 2.9     | 0.8       |
| 8     | 410.9                | 12.9    | 3.1       | 398.4                | 0.4     | 0.7       |
| 9     | 408.1                | -2.9    | 3.1       | 401.7                | -9.3    | 0.7       |
| 10    | 405.1                | 1.6     | 300.0     | 405.1                | 1.6     | 300.0     |

EB-2

# SIMULAÇÃO 2.3

## ANALISE DE ESCOAMENTO TRANSITORIO EM CONDUTOS FORCADOS

=====

|                         |                                      |
|-------------------------|--------------------------------------|
| 1. PROJETO              | TRANSPOSICAO RIO SAO FRANCISCO       |
| 2. CLIENTE              | FUNCATE                              |
| 3. DATA                 | 01-17-2001 (m-d-a)                   |
| 4. DESCRICAO            | SISTEMA EB-I/2 -PROTEGIDO COM Tq.THP |
| 5. ORIGEM DO TRANSIENTE | PARADA SUBITA DAS BOMBAS - Q MAXIMO  |

=====

### DADOS GERAIS

=====

|                                |          |
|--------------------------------|----------|
| 6. TEMPO DE SIMULACAO          | 240 s    |
| 7. INTERVALO DE TEMPO (dt)     | .01675 s |
| 8. PASSO DE TEMPO P.IMP.SAIDAS | 999999 s |
| 9. COTA PIEZOMETRICA INICIAL   | 405.6612 |
| 10. COTA TOPOGR.SECCAO INICIAL | 360.21   |
| 11. NUMERO DE TRECHOS          | 2        |

DADOS DOS TRECHOS

| TRE-<br>CHO | No<br>SEC | CONDICAO<br>CONTORNO |     | Qo<br>(m3/s) | COMPR.<br>(m) | DIAM.<br>(mm) | K<br>(mm) | 'f'    | a<br>(m/s) | PONT<br>TOP. | TOP.<br>JUS. |
|-------------|-----------|----------------------|-----|--------------|---------------|---------------|-----------|--------|------------|--------------|--------------|
|             |           | INIC                 | FIM |              |               |               |           |        |            |              |              |
| 1           | 4         | 1                    | 11  | 26.880       | 64.00         | 3000.0        | 0.100     | .01020 | 955        | 1            | 385.00       |
| 2           | 10        | 11                   | 4   | 26.880       | 160.00        | 3000.0        | 0.100     | .01020 | 955        | 3            | 403.45       |

CONDICAO DE CONTORNO (LEGENDA)

- |                     |                    |                      |                    |
|---------------------|--------------------|----------------------|--------------------|
| 1. PARADA BOMBAS    | 6. VALV. RED/SUST  | 11. TANQ. AR COMPR.  | 16. VENTOSAS       |
| 2. BOMB. OPERANDO   | 7. SAIDA LATERAL   | 12. VALV. DESCARGA   | 17. ESTR. CONTROLE |
| 3. RES. N. CTE MONT | 8. CHAMINE         | 13. EXTR. FECHADA    | 18. KOTAU.         |
| 4. RES. N. CTE. JUS | 9. TANQUE TAU      | 14. NO MULTIPLO      | 19. RETENCAO       |
| 5. JUNCAO SIMPLES   | 10. VAL. A JUSANTE | 15. NO MULT. +ACCESS | 20. INTERRUP. de Q |

DADOS DO PERFIL TOPOGRAFICO

| TRECHO | PONTO | 1     | 2     | 3     |
|--------|-------|-------|-------|-------|
| 1      | DIST. | 17.0  |       |       |
|        | COTA  | 360.2 |       |       |
| 2      | DIST. | 123.0 | 147.0 | 156.0 |
|        | COTA  | 397.0 | 413.4 | 403.5 |

DADOS DAS CONDICÖES DE CONTORNO

=====

DADOS DA ELEVATORIA A MONTANTE DO TRECHO 1

-----

|                                        |   |             |
|----------------------------------------|---|-------------|
| NO DE BOMBAS EM PARALELO               | = | 1           |
| ROTACAO DE REGIME                      | = | 327 R.P.M   |
| RENDIMENTO DAS BOMBAS                  | = | 89 %        |
| MOMENTO DE INERCIA /CONJ.              | = | 20650 Kg.m2 |
| NUMERO DE RAMAIS NA DESCARGA           | = | 1           |
| ALTURA DO N.A.DE SUCCAO ACIMA DO DATUM | = | 355.74 m    |
| COEFICIENTE 'K' NA DESCARGA            | = | 5           |
| DIAMETRO DE DESCARGA DAS BOMBAS        | = | 2 m         |
| BOMBAS MUNIDAS DE VALVULA DE RETENCAO  |   |             |

DADOS DO TANQUE DE AR COMPRIMIDO A JUSANTE DO TRECHO 1

---

|                                                   |   |              |     |
|---------------------------------------------------|---|--------------|-----|
| AREA DO TANQUE                                    | = | 15.904       | m2) |
| VOLUME DE AR EM REGIME PERMANENTE                 | = | 80           | m3  |
| PRESSAO BAROMETRICA                               | = | 9.5          | m   |
| DIAMETRO DA LIGACAO THP - LINHA                   | = | 2000         | mm  |
| COEF.'K' DE Hf NA SAIDA                           | = | 5            |     |
| RELACAO Hf ENTRE A ENTRADA/SAIDA                  | = | 150          |     |
| COEF.`Cq' na formula $H=Cq * Q^2$ -saida do THP   | = | 3.098493E-02 |     |
| COEF.`Cq' na formula $H=Cq * Q^2$ -entrada do THP | = | 3.878281     |     |
| COTA DO N.A.DO TANQUE EM REG.PERMANENTE           | = | 390          |     |

CARACTERISTICAS EM REGIME PERMANENTE

---

| TRE-<br>CHO | VAZAO<br>(m <sup>3</sup> /s) | SECAO | COTAS   |          | PRESSAO<br>(m) |
|-------------|------------------------------|-------|---------|----------|----------------|
|             |                              |       | PIEZOM. | TOPOGRAF |                |
| 1           | 26.880                       |       |         |          |                |
|             |                              | 0     | 405.66  | 360.21   | 45.45          |
|             |                              | 1     | 405.62  | 360.21   | 45.41          |
|             |                              | 2     | 405.58  | 368.12   | 37.46          |
|             |                              | 3     | 405.54  | 376.56   | 28.98          |
|             |                              | 4     | 405.50  | 385.00   | 20.50          |
| 2           | 26.880                       |       |         |          |                |
|             |                              | 0     | 405.50  | 385.00   | 20.50          |
|             |                              | 1     | 405.46  | 386.56   | 18.90          |
|             |                              | 2     | 405.42  | 388.12   | 17.30          |
|             |                              | 3     | 405.38  | 389.68   | 15.70          |
|             |                              | 4     | 405.34  | 391.24   | 14.10          |
|             |                              | 5     | 405.30  | 392.80   | 12.50          |
|             |                              | 6     | 405.26  | 394.37   | 10.89          |
|             |                              | 7     | 405.22  | 395.93   | 9.29           |
|             |                              | 8     | 405.18  | 400.42   | 4.76           |
|             |                              | 9     | 405.14  | 411.35   | -6.21          |
|             |                              | 10    | 405.10  | 403.45   | 1.65           |



↓

RESULTADOS

=====

ESTES RESULTADOS CORRESPONDEM AO SEGUINTE CASO :

SISTEMA EB-I/2 -PROTEGIDO COM Tq.THP

=====

ENVOLTORIA DAS PRESSOES NO TRECHO 1

-----

| SECAO | PRESSOES MAXIMAS (m) |         |          | PRESSOES MINIMAS (m) |         |          |
|-------|----------------------|---------|----------|----------------------|---------|----------|
|       | COTA PIEZ.           | PRESSAO | TEMPO(s) | COTA PIEZ.           | PRESSAO | TEMPO(s) |
| 0     | 406.6                | 46.4    | 5.4      | 374.9                | 14.7    | 1.7      |
| 1     | 406.6                | 46.4    | 5.4      | 377.4                | 17.2    | 1.7      |
| 2     | 406.5                | 38.4    | 5.4      | 379.9                | 11.7    | 1.7      |
| 3     | 406.4                | 29.8    | 5.4      | 382.3                | 5.7     | 1.7      |
| 4     | 406.2                | 21.2    | 5.4      | 384.7                | -0.3    | 1.7      |

TEMPO DE PARADA DA(S) BOMBA(S) = 1.674999 s

↓

VOLUME MAXIMO DE AR NO THP = 129.5874 m3, APOS 4.690004 s

↓

NIVEL MINIMO ATINGIDO PELO THP = 386.8814 APOS 4.690004 s

↓

ENVOLTORIA DAS PRESSOES NO TRECHO 2

-----

| SECAO | PRESSOES MAXIMAS (m) |         |          | PRESSOES MINIMAS (m) |         |          |
|-------|----------------------|---------|----------|----------------------|---------|----------|
|       | COTA PIEZ.           | PRESSAO | TEMPO(s) | COTA PIEZ.           | PRESSAO | TEMPO(s) |
| 0     | 406.2                | 21.2    | 5.4      | 384.7                | -0.3    | 1.7      |
| 1     | 406.1                | 19.5    | 5.4      | 386.6                | 0.0     | 1.7      |
| 2     | 406.1                | 18.0    | 5.5      | 388.5                | 0.4     | 1.8      |
| 3     | 406.2                | 16.5    | 5.6      | 390.5                | 0.8     | 1.8      |
| 4     | 406.3                | 15.0    | 5.5      | 392.5                | 1.3     | 1.8      |
| 5     | 406.2                | 13.4    | 5.5      | 394.5                | 1.7     | 1.8      |
| 6     | 406.1                | 11.7    | 5.5      | 396.4                | 2.0     | 2.1      |
| 7     | 405.9                | 10.0    | 5.5      | 398.5                | 2.6     | 2.1      |
| 8     | 405.7                | 5.3     | 5.5      | 400.7                | 0.3     | 2.1      |
| 9     | 405.4                | -5.9    | 5.6      | 402.9                | -8.5    | 2.4      |
| 10    | 405.1                | 1.6     | 240.0    | 405.1                | 1.6     | 240.0    |

2300

*SIMULAÇÃO 2.4*

ANALISE DE ESCOAMENTO TRANSITORIO

EM CONDUTOS FORCADOS

=====

|                         |                                                     |
|-------------------------|-----------------------------------------------------|
| 1. PROJETO              | TRANSPOSICAO RIO SAO FRANCISCO                      |
| 2. CLIENTE              | FUNCATE                                             |
| 3. DATA                 | 01-09-2001 (m-d-a)                                  |
| 4. DESCRICAO            |                                                     |
|                         | SISTEMA EB-I/2 -PROTECIDO COM chamine de equilibrio |
| 5. ORIGEM DO TRANSIENTE | PARADA SUBITA DAS BOMBAS - Q MAXIMO                 |

=====

DADOS GERAIS

=====

|                                |          |   |
|--------------------------------|----------|---|
| 6. TEMPO DE SIMULACAO          | 240      | s |
| 7. INTERVALO DE TEMPO (dt)     | .01675   | s |
| 8. PASSO DE TEMPO P.IMP.SAIDAS | 999999   | s |
| 9. COTA PIEZOMETRICA INICIAL   | 405.6612 |   |
| 10. COTA TOPOGR.SECCAO INICIAL | 360.21   |   |
| 11. NUMERO DE TRECHOS          | 2        |   |

DADOS DOS TRECHOS

| TRE-<br>CHO | No<br>SEC | CONDICAO<br>CONTORNO |     | Qo<br>(m3/s) | COMPR.<br>(m) | DIAM.<br>(mm) | K<br>(mm) | 'f'    | a<br>(m/s) | PONT<br>TOP. | TOP.<br>JUS. |
|-------------|-----------|----------------------|-----|--------------|---------------|---------------|-----------|--------|------------|--------------|--------------|
|             |           | INIC                 | FIM |              |               |               |           |        |            |              |              |
| 1           | 4         | 1                    | 8   | 26.880       | 64.00         | 3000.0        | 0.100     | .01020 | 955        | 1            | 385.00       |
| 2           | 10        | 8                    | 4   | 26.880       | 160.00        | 3000.0        | 0.100     | .01020 | 955        | 3            | 403.45       |

CONDICAO DE CONTORNO (LEGENDA)

- |                     |                    |                     |                    |
|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| 1. PARADA BOMBAS    | 6. VALV. RED/SUST  | 11. TANQ. AR COMPR. | 16. VENTOSAS       |
| 2. BOMB. OPERANDO   | 7. SAIDA LATERAL   | 12. VALV. DESCARGA  | 17. ESTR. CONTROLE |
| 3. RES. N. CTE MONT | 8. CHAMINE         | 13. EXTR. FECHADA   | 18. KOTAU.         |
| 4. RES. N. CTE. JUS | 9. TANQUE TAU      | 14. NO MULTIPLO     | 19. RETENCAO       |
| 5. JUNCAO SIMPLES   | 10. VAL. A JUSANTE | 15. NO MULT.+ACCESS | 20. INTERRUP. de Q |

DADOS DO PERFIL TOPOGRAFICO

| TRECHO | PONTO | 1     | 2     | 3     |
|--------|-------|-------|-------|-------|
| 1      | DIST. | 17.0  |       |       |
|        | COTA  | 360.2 |       |       |
| 2      | DIST. | 123.0 | 147.0 | 156.0 |
|        | COTA  | 397.0 | 413.4 | 403.5 |

DADOS DAS CONDICÖES DE CONTORNO

=====

DADOS DA ELEVATORIA A MONTANTE DO TRECHO 1

-----

|                                        |   |             |
|----------------------------------------|---|-------------|
| NO DE BOMBAS EM PARALELO               | = | 1           |
| ROTACAO DE REGIME                      | = | 327 R.P.M   |
| RENDIMENTO DAS BOMBAS                  | = | 89 %        |
| MOMENTO DE INERCIA /CONJ.              | = | 20650 Kg.m2 |
| NUMERO DE RAMAIS NA DESCARGA           | = | 1           |
| ALTURA DO N.A.DE SUCCAO ACIMA DO DATUM | = | 355.74 m    |
| COEFICIENTE `K' NA DESCARGA            | = | 5           |
| DIAMETRO DE DESCARGA DAS BOMBAS        | = | 2 m         |
| BOMBAS MUNIDAS DE VALVULA DE RETENCAO  |   |             |

DADOS DA CHAMINE A JUSANTE DO TRECHO 1

-----  
COMPRIMENTO DA COLUNA ACELERANTE = 40 m  
DIAMETRO DO FUSTE = 3 m  
RELACAO AREA (ORIFICIO/FUSTE) = .25  
COEFICIENTE 'K' DE PERDA NA PLACA = 2.8  
AREA DA CUBA = 28.77 m2

CARACTERISTICAS EM REGIME PERMANENTE

---

| TRE-<br>CHO | VAZAO<br>(m <sup>3</sup> /s) | SECAO | COTAS   |          | PRESSAO<br>(m) |
|-------------|------------------------------|-------|---------|----------|----------------|
|             |                              |       | PIEZOM. | TOPOGRAF |                |
| 1           | 26.880                       |       |         |          |                |
|             |                              | 0     | 405.66  | 360.21   | 45.45          |
|             |                              | 1     | 405.62  | 360.21   | 45.41          |
|             |                              | 2     | 405.58  | 368.12   | 37.46          |
|             |                              | 3     | 405.54  | 376.56   | 28.98          |
|             |                              | 4     | 405.50  | 385.00   | 20.50          |
| 2           | 26.880                       |       |         |          |                |
|             |                              | 0     | 405.50  | 385.00   | 20.50          |
|             |                              | 1     | 405.46  | 386.56   | 18.90          |
|             |                              | 2     | 405.42  | 388.12   | 17.30          |
|             |                              | 3     | 405.38  | 389.68   | 15.70          |
|             |                              | 4     | 405.34  | 391.24   | 14.10          |
|             |                              | 5     | 405.30  | 392.80   | 12.50          |
|             |                              | 6     | 405.26  | 394.37   | 10.89          |
|             |                              | 7     | 405.22  | 395.93   | 9.29           |
|             |                              | 8     | 405.18  | 400.42   | 4.76           |
|             |                              | 9     | 405.14  | 411.35   | -6.21          |
|             |                              | 10    | 405.10  | 403.45   | 1.65           |

↓

RESULTADOS

=====

ESTES RESULTADOS CORRESPONDEM AO SEGUINTE CASO :

SISTEMA EB-I/2 -PROTEGIDO COM chamine de equilibrio

=====

ENVOLTORIA DAS PRESSOES NO TRECHO 1

-----

| SECAO | PRESSOES MAXIMAS (m) |         |          | PRESSOES MINIMAS (m) |         |          |
|-------|----------------------|---------|----------|----------------------|---------|----------|
|       | COTA PIEZ.           | PRESSAO | TEMPO(s) | COTA PIEZ.           | PRESSAO | TEMPO(s) |
| 0     | 406.9                | 46.7    | 24.7     | 373.6                | 13.4    | 1.7      |
| 1     | 406.7                | 46.5    | 26.5     | 377.0                | 16.8    | 1.7      |
| 2     | 406.5                | 38.4    | 29.3     | 380.3                | 12.2    | 1.7      |
| 3     | 406.3                | 29.7    | 30.2     | 383.5                | 7.0     | 1.7      |
| 4     | 406.0                | 21.0    | 37.0     | 386.3                | 1.3     | 1.8      |

TEMPO DE PARADA DA(S) BOMBA(S) = 1.708499 s

↓

NIVEL MINIMO ATINGIDO PELA CHAMINE = 402.5145 APOS 12.61282 s

↓

ENVOLTORIA DAS PRESSOES NO TRECHO 2

-----

| SECAO | PRESSOES MAXIMAS (m) |         |          | PRESSOES MINIMAS (m) |         |          |
|-------|----------------------|---------|----------|----------------------|---------|----------|
|       | COTA PIEZ.           | PRESSAO | TEMPO(s) | COTA PIEZ.           | PRESSAO | TEMPO(s) |
| 0     | 406.0                | 21.0    | 37.0     | 386.3                | 1.3     | 1.8      |
| 1     | 405.9                | 19.3    | 39.6     | 387.6                | 1.1     | 1.8      |
| 2     | 405.9                | 17.8    | 34.7     | 389.3                | 1.2     | 1.8      |
| 3     | 406.1                | 16.5    | 27.6     | 390.8                | 1.1     | 1.8      |
| 4     | 406.9                | 15.7    | 2.0      | 391.4                | 0.2     | 2.2      |
| 5     | 409.1                | 16.3    | 2.0      | 392.7                | -0.1    | 2.2      |
| 6     | 410.5                | 16.1    | 2.0      | 394.6                | 0.2     | 2.2      |
| 7     | 410.4                | 14.5    | 2.0      | 396.8                | 0.8     | 2.2      |
| 8     | 409.6                | 9.2     | 2.0      | 399.2                | -1.2    | 2.2      |
| 9     | 407.7                | -3.6    | 2.0      | 402.0                | -9.4    | 0.3      |
| 10    | 405.1                | 1.6     | 240.0    | 405.1                | 1.6     | 240.0    |

444

# SIMULAÇÃO 2.5

## ANALISE DE ESCOAMENTO TRANSITORIO

### EM CONDUTOS FORCADOS

=====

- |                         |                                     |
|-------------------------|-------------------------------------|
| 1. PROJETO              | TRANSPOSICAO RIO SAO FRANCISCO      |
| 2. CLIENTE              | FUNCATE                             |
| 3. DATA                 | 01-08-2001 (m-d-a)                  |
| 4. DESCRICAO            | SISTEMA EB-I/2 -PROTEGIDO COM TAU↓  |
| 5. ORIGEM DO TRANSIENTE | PARADA SUBITA DAS BOMBAS - Q MAXIMO |

=====

### DADOS GERAIS

=====

- |                                |          |
|--------------------------------|----------|
| 6. TEMPO DE SIMULACAO          | 600 s    |
| 7. INTERVALO DE TEMPO (dt)     | .01675 s |
| 8. PASSO DE TEMPO P.IMP.SAIDAS | 999999 s |
| 9. COTA PIEZOMETRICA INICIAL   | 405.6612 |
| 10. COTA TOPOGR.SECCAO INICIAL | 360.21   |
| 11. NUMERO DE TRECHOS          | 2        |



DADOS DOS TRECHOS

| TRE-<br>CHO | No<br>SEC | CONDICAO<br>CONTORNO |     | Qo<br>(m3/s) | COMPR.<br>(m) | DIAM.<br>(mm) | K<br>(mm) | 'f'    | a<br>(m/s) | PONT<br>TOP. | TOP.<br>JUS. |
|-------------|-----------|----------------------|-----|--------------|---------------|---------------|-----------|--------|------------|--------------|--------------|
|             |           | INIC                 | FIM |              |               |               |           |        |            |              |              |
| 1           | 4         | 1                    | 9   | 26.880       | 64.00         | 3000.0        | 0.100     | .01020 | 955        | 1            | 385.00       |
| 2           | 10        | 9                    | 4   | 26.880       | 160.00        | 3000.0        | 0.100     | .01020 | 955        | 3            | 403.45       |

CONDICAO DE CONTORNO (LEGENDA)

- |                     |                    |                     |                    |
|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| 1. PARADA BOMBAS    | 6. VALV. RED/SUST  | 11. TANQ. AR COMPR. | 16. VENTOSAS       |
| 2. BOMB. OPERANDO   | 7. SAIDA LATERAL   | 12. VALV. DESCARGA  | 17. ESTR. CONTROLE |
| 3. RES. N. CTE MONT | 8. CHAMINE         | 13. EXTR. FECHADA   | 18. KOTAU.         |
| 4. RES. N. CTE. JUS | 9. TANQUE TAU      | 14. NO MULTIPLO     | 19. RETENCAO       |
| 5. JUNCAO SIMPLES   | 10. VAL. A JUSANTE | 15. NO MULT. +ACESS | 20. INTERRUP. de Q |

DADOS DO PERFIL TOPOGRAFICO

| TRECHO | PONTO | 1     | 2     | 3     |
|--------|-------|-------|-------|-------|
| 1      | DIST. | 17.0  |       |       |
|        | COTA  | 360.2 |       |       |
| 2      | DIST. | 123.0 | 147.0 | 156.0 |
|        | COTA  | 397.0 | 413.4 | 403.5 |

DADOS DAS CONDICÖES DE CONTORNO

=====

DADOS DA ELEVATORIA A MONTANTE DO TRECHO 1

-----

|                                        |   |             |
|----------------------------------------|---|-------------|
| NO DE BOMBAS EM PARALELO               | = | 1           |
| ROTACAO DE REGIME                      | = | 327 R.P.M   |
| RENDIMENTO DAS BOMBAS                  | = | 89 %        |
| MOMENTO DE INERCIA /CONJ.              | = | 20650 Kg.m2 |
| NUMERO DE RAMAIS NA DESCARGA           | = | 1           |
| ALTURA DO N.A.DE SUCCAO ACIMA DO DATUM | = | 355.74 m    |
| COEFICIENTE 'K' NA DESCARGA            | = | 5           |
| DIAMETRO DE DESCARGA DAS BOMBAS        | = | 2 m         |
| BOMBAS MUNIDAS DE VALVULA DE RETENCAO  |   |             |

DADOS DO TANQUE T.A.U. A JUSANTE DO TRECHO 1

---

|                                   |   |       |    |
|-----------------------------------|---|-------|----|
| COMPRIMENTO DA COLUNA ACELERANTE  | = | 20    | m  |
| DIAMETRO DO FUSTE                 | = | 6     | m  |
| RELACAO AREA (ORIFICIO/FUSTE)     | = | .25   |    |
| COEFICIENTE 'K' DE PERDA NA PLACA | = | 5     |    |
| COTA MAXIMA DO TANQUE T.A.U.      | = | 400   |    |
| AREA DA CUBA                      | = | 28.77 | m2 |

CARACTERISTICAS EM REGIME PERMANENTE

---

| TRE-<br>CHO | VAZAO<br>(m <sup>3</sup> /s) | SECAO | COTAS<br>PIEZOM. | TOPOGRAF | PRESSAO<br>(m) |
|-------------|------------------------------|-------|------------------|----------|----------------|
| 1           | 26.880                       |       |                  |          |                |
|             |                              | 0     | 405.66           | 360.21   | 45.45          |
|             |                              | 1     | 405.62           | 360.21   | 45.41          |
|             |                              | 2     | 405.58           | 368.12   | 37.46          |
|             |                              | 3     | 405.54           | 376.56   | 28.98          |
|             |                              | 4     | 405.50           | 385.00   | 20.50          |
| 2           | 26.880                       |       |                  |          |                |
|             |                              | 0     | 405.50           | 385.00   | 20.50          |
|             |                              | 1     | 405.46           | 386.56   | 18.90          |
|             |                              | 2     | 405.42           | 388.12   | 17.30          |
|             |                              | 3     | 405.38           | 389.68   | 15.70          |
|             |                              | 4     | 405.34           | 391.24   | 14.10          |
|             |                              | 5     | 405.30           | 392.80   | 12.50          |
|             |                              | 6     | 405.26           | 394.37   | 10.89          |
|             |                              | 7     | 405.22           | 395.93   | 9.29           |
|             |                              | 8     | 405.18           | 400.42   | 4.76           |
|             |                              | 9     | 405.14           | 411.35   | -6.21          |
|             |                              | 10    | 405.10           | 403.45   | 1.65           |

↓

RESULTADOS

=====

ESTES RESULTADOS CORRESPONDEM AO SEGUINTE CASO :

SISTEMA EB-I/2 -PROTEGIDO COM TAU

=====

ENVOLTORIA DAS PRESSOES NO TRECHO 1

-----

| SECAO | PRESSOES MAXIMAS (m) |         |          | PRESSOES MINIMAS (m) |         |          |
|-------|----------------------|---------|----------|----------------------|---------|----------|
|       | COTA PIEZ.           | PRESSAO | TEMPO(s) | COTA PIEZ.           | PRESSAO | TEMPO(s) |
| 0     | 414.9                | 54.7    | 1.6      | 376.7                | 16.5    | 1.4      |
| 1     | 413.7                | 53.4    | 8.4      | 381.2                | 21.0    | 1.5      |
| 2     | 413.0                | 44.9    | 8.4      | 386.1                | 18.0    | 1.4      |
| 3     | 412.3                | 35.7    | 8.5      | 390.8                | 14.3    | 1.4      |
| 4     | 412.5                | 27.5    | 8.4      | 395.6                | 10.6    | 1.7      |

TEMPO DE PARADA DA(S) BOMBA(S) = 1.457249 s

↓

VOLUME MAXIMO DRENADO PELO TAU = 86.91212 m3, APOS 7.872477 s

↓

NIVEL MINIMO ATINGIDO PELO TAU = 396.9772 APOS 7.872477 s

↓

ENVOLTORIA DAS PRESSOES NO TRECHO 2

-----

| SECAO | PRESSOES MAXIMAS (m) |         |          | PRESSOES MINIMAS (m) |         |          |
|-------|----------------------|---------|----------|----------------------|---------|----------|
|       | COTA PIEZ.           | PRESSAO | TEMPO(s) | COTA PIEZ.           | PRESSAO | TEMPO(s) |
| 0     | 412.5                | 27.5    | 8.4      | 395.6                | 10.6    | 1.7      |
| 1     | 412.3                | 25.7    | 8.4      | 396.0                | 9.4     | 1.4      |
| 2     | 411.7                | 23.5    | 8.4      | 396.6                | 8.4     | 1.4      |
| 3     | 410.9                | 21.2    | 8.4      | 397.0                | 7.3     | 1.3      |
| 4     | 410.2                | 18.9    | 8.4      | 397.3                | 6.1     | 1.3      |
| 5     | 409.4                | 16.6    | 8.3      | 397.4                | 4.6     | 1.3      |
| 6     | 408.7                | 14.3    | 8.3      | 398.1                | 3.7     | 1.3      |
| 7     | 407.8                | 11.9    | 8.3      | 398.7                | 2.7     | 0.3      |
| 8     | 407.1                | 6.7     | 8.3      | 398.9                | -1.5    | 0.3      |
| 9     | 406.5                | -4.9    | 1.7      | 401.0                | -10.3   | 0.3      |
| 10    | 405.1                | 1.6     | 240.0    | 405.1                | 1.6     | 240.0    |

SIMULAÇÃO 31

ANALISE DE ESCOAMENTO TRANSITORIO

EM CONDUTOS FORCADOS

=====

|                         |                                     |
|-------------------------|-------------------------------------|
| 1. PROJETO              | TRANSPOSICAO DO RIO SAO FRANCISCO   |
| 2. CLIENTE              | FUNCATE                             |
| 3. DATA                 | 01-18-2001 (m-d-a)                  |
| 4. DESCRICAO            |                                     |
|                         | SISTEMA EB-I/3 - SEM PROTECAO†      |
| 5. ORIGEM DO TRANSIENTE | PARADA SUBITA DAS BOMBAS - Q MAXIMO |

=====

DADOS GERAIS

=====

|                                |          |
|--------------------------------|----------|
| 6. TEMPO DE SIMULACAO          | 300 s    |
| 7. INTERVALO DE TEMPO (dt)     | .018 s   |
| 8. PASSO DE TEMPO P.IMP.SAIDAS | 999999 s |
| 9. COTA PIEZOMETRICA INICIAL   | 496.0243 |
| 10. COTA TOPOGR.SECCAO INICIAL | 409.21   |
| 11. NUMERO DE TRECHOS          | 3        |

DADOS DOS TRECHOS

| TRE-<br>CHO | No<br>SEC | CONDICAO<br>CONTORNO |     | Qo<br>(m3/s) | COMPR.<br>(m) | DIAM.<br>(mm) | K<br>(mm) | 'f'    | a<br>(m/s) | PONT<br>TOP. | TOP.<br>JUS. |
|-------------|-----------|----------------------|-----|--------------|---------------|---------------|-----------|--------|------------|--------------|--------------|
|             |           | INIC                 | FIM |              |               |               |           |        |            |              |              |
| 1           | 4         | 1                    | 5   | 24.800       | 69.00         | 2900.0        | 0.100     | .01026 | 955        | 1            | 440.50       |
| 2           | 8         | 5                    | 5   | 24.800       | 138.00        | 2900.0        | 0.100     | .01026 | 955        | 0            | 451.00       |
| 3           | 10        | 5                    | 4   | 24.800       | 172.30        | 2900.0        | 0.100     | .01026 | 955        | 3            | 489.60       |

CONDICAO DE CONTORNO (LEGENDA)

|                     |                    |                      |                    |
|---------------------|--------------------|----------------------|--------------------|
| 1. PARADA BOMBAS    | 6. VALV. RED/SUST  | 11. TANQ. AR COMPR.  | 16. VENTOSAS       |
| 2. BOMB. OPERANDO   | 7. SAIDA LATERAL   | 12. VALV. DESCARGA   | 17. ESTR. CONTROLE |
| 3. RES. N. CTE MONT | 8. CHAMINE         | 13. EXTR. FECHADA    | 18. KOTAU.         |
| 4. RES. N. CTE. JUS | 9. TANQUE TAU      | 14. NO MULTIPLO      | 19. RETENCAO       |
| 5. JUNCAO SIMPLES   | 10. VAL. A JUSANTE | 15. NO MULT. +ACCESS | 20. INTERRUP. de Q |

DADOS DO PERFIL TOPOGRAFICO

| TRECHO | PONTO | 1     | 2     | 3     |
|--------|-------|-------|-------|-------|
| 1      | DIST. | 19.0  |       |       |
|        | COTA  | 409.2 |       |       |
| 2      | DIST. |       |       |       |
|        | COTA  |       |       |       |
| 3      | DIST. | 59.0  | 121.0 | 155.0 |
|        | COTA  | 456.0 | 476.0 | 497.0 |

DADOS DAS CONDICÖES DE CONTORNO

=====

DADOS DA ELEVATORIA A MONTANTE DO TRECHO 1

-----

|                                        |   |             |
|----------------------------------------|---|-------------|
| NO DE BOMBAS EM PARALELO               | = | 1           |
| ROTACAO DE REGIME                      | = | 360 R.P.M   |
| RENDIMENTO DAS BOMBAS                  | = | 88 %        |
| MOMENTO DE INERCIA /CONJ.              | = | 16650 Kg.m2 |
| NUMERO DE RAMAIS NA DESCARGA           | = | 1           |
| ALTURA DO N.A.DE SUCCAO ACIMA DO DATUM | = | 406.52 m    |
| COEFICIENTE 'K' NA DESCARGA            | = | 5           |
| DIAMETRO DE DESCARGA DAS BOMBAS        | = | 1.85 m      |
| BOMBAS MUNIDAS DE VALVULA DE RETENCAO  |   |             |



CARACTERISTICAS EM REGIME PERMANENTE

---

| TRE-<br>CHO | VAZAO<br>(m3/s) | SECAO | COTAS<br>PIEZOM. | TOPOGRAF | PRESSAO<br>(m) |
|-------------|-----------------|-------|------------------|----------|----------------|
| 1           | 24.800          | 0     | 496.02           | 409.21   | 86.81          |
|             |                 | 1     | 495.98           | 409.21   | 86.77          |
|             |                 | 2     | 495.94           | 418.91   | 77.03          |
|             |                 | 3     | 495.89           | 429.70   | 66.19          |
|             |                 | 4     | 495.85           | 440.50   | 55.35          |
| 2           | 24.800          | 0     | 495.85           | 440.50   | 55.35          |
|             |                 | 1     | 495.81           | 441.81   | 53.99          |
|             |                 | 2     | 495.76           | 443.13   | 52.64          |
|             |                 | 3     | 495.72           | 444.44   | 51.28          |
|             |                 | 4     | 495.67           | 445.75   | 49.92          |
|             |                 | 5     | 495.63           | 447.06   | 48.57          |
|             |                 | 6     | 495.59           | 448.38   | 47.21          |
|             |                 | 7     | 495.54           | 449.69   | 45.85          |
|             |                 | 8     | 495.50           | 451.00   | 44.50          |
| 3           | 24.800          | 0     | 495.50           | 451.00   | 44.50          |
|             |                 | 1     | 495.45           | 452.46   | 42.99          |
|             |                 | 2     | 495.41           | 453.92   | 41.49          |
|             |                 | 3     | 495.37           | 455.38   | 39.99          |
|             |                 | 4     | 495.32           | 459.20   | 36.12          |
|             |                 | 5     | 495.28           | 464.76   | 30.52          |
|             |                 | 6     | 495.24           | 470.32   | 24.92          |
|             |                 | 7     | 495.19           | 475.87   | 19.32          |
|             |                 | 8     | 495.15           | 486.40   | 8.75           |
|             |                 | 9     | 495.10           | 496.97   | -1.87          |
|             |                 | 10    | 495.06           | 489.60   | 5.46           |

↓

RESULTADOS

===== ESTES RESULTADOS CORRESPONDEM AO SEGUINTE CASO : SISTEMA EB-I/3 - SEM PROTECAO =====

----- ENVOLTORIA DAS PRESSOES NO TRECHO 1 -----

| SECAO | PRESSOES MAXIMAS (m) |         |           | PRESSOES MINIMAS (m) |         |           |
|-------|----------------------|---------|-----------|----------------------|---------|-----------|
|       | COTA PIEZ.           | PRESSAO | TEMPO (s) | COTA PIEZ.           | PRESSAO | TEMPO (s) |
| 0     | 570.9                | 161.7   | 2.8       | 407.7                | -1.5    | 0.8       |
| 1     | 568.5                | 159.3   | 2.8       | 408.9                | -0.3    | 0.8       |
| 2     | 565.9                | 147.0   | 2.8       | 410.2                | -8.7    | 0.8       |
| 3     | 563.4                | 133.7   | 2.8       | 411.6                | -18.1   | 0.7       |
| 4     | 561.1                | 120.6   | 2.9       | 413.1                | -27.4   | 0.7       |

TEMPO DE PARADA DA(S) BOMBA(S) = 2.016001 s

↓

----- ENVOLTORIA DAS PRESSOES NO TRECHO 2 -----

| SECAO | PRESSOES MAXIMAS (m) |         |           | PRESSOES MINIMAS (m) |         |           |
|-------|----------------------|---------|-----------|----------------------|---------|-----------|
|       | COTA PIEZ.           | PRESSAO | TEMPO (s) | COTA PIEZ.           | PRESSAO | TEMPO (s) |
| 0     | 561.1                | 120.6   | 2.9       | 413.1                | -27.4   | 0.7       |
| 1     | 559.0                | 117.1   | 2.9       | 414.9                | -26.9   | 0.7       |
| 2     | 556.9                | 113.8   | 2.9       | 416.8                | -26.3   | 0.7       |
| 3     | 555.1                | 110.7   | 2.9       | 418.9                | -25.5   | 0.7       |
| 4     | 553.5                | 107.7   | 2.9       | 421.2                | -24.6   | 0.6       |
| 5     | 551.9                | 104.8   | 3.0       | 423.7                | -23.4   | 0.6       |
| 6     | 550.4                | 102.0   | 3.0       | 426.4                | -22.0   | 0.6       |
| 7     | 548.2                | 98.5    | 3.0       | 429.4                | -20.3   | 0.6       |
| 8     | 544.8                | 93.8    | 3.0       | 432.6                | -18.4   | 0.6       |

----- ENVOLTORIA DAS PRESSOES NO TRECHO 3 -----

| SECAO | PRESSOES MAXIMAS (m) |         |           | PRESSOES MINIMAS (m) |         |           |
|-------|----------------------|---------|-----------|----------------------|---------|-----------|
|       | COTA PIEZ.           | PRESSAO | TEMPO (s) | COTA PIEZ.           | PRESSAO | TEMPO (s) |
| 0     | 544.8                | 93.8    | 3.0       | 432.6                | -18.4   | 0.6       |
| 1     | 541.3                | 88.8    | 2.9       | 436.3                | -16.2   | 0.6       |
| 2     | 537.4                | 83.5    | 2.9       | 440.4                | -13.5   | 0.5       |
| 3     | 533.3                | 77.9    | 2.9       | 444.9                | -10.5   | 0.5       |
| 4     | 528.8                | 69.6    | 2.9       | 449.9                | -9.3    | 0.5       |
| 5     | 524.1                | 59.4    | 2.9       | 455.5                | -9.3    | 0.5       |
| 6     | 519.1                | 48.8    | 2.8       | 461.7                | -8.6    | 0.5       |
| 7     | 513.7                | 37.8    | 2.8       | 468.6                | -7.3    | 0.5       |
| 8     | 507.9                | 21.5    | 2.8       | 476.4                | -10.0   | 0.4       |
| 9     | 501.6                | 4.6     | 2.8       | 485.1                | -11.8   | 0.4       |
| 10    | 495.1                | 5.5     | 300.0     | 495.1                | 5.5     | 300.0     |

↓

SIMULAÇÃO 3.2

ANALISE DE ESCOAMENTO TRANSITORIO

EM CONDUTOS FORCADOS

=====

|                         |                                            |
|-------------------------|--------------------------------------------|
| 1. PROJETO              | TRANSPOSICAO DO RIO SAO FRANCISCO          |
| 2. CLIENTE              | FUNCATE                                    |
| 3. DATA                 | 01-09-2001 (m-d-a)                         |
| 4. DESCRICAO            |                                            |
|                         | SISTEMA EB-I/3 - PROTEGIDA COM TANQUE THP↓ |
| 5. ORIGEM DO TRANSIENTE | PARADA SUBITA DAS BOMBAS - Q MAXIMO        |

=====

DADOS GERAIS

=====

|                                |          |
|--------------------------------|----------|
| 6. TEMPO DE SIMULACAO          | 300 s    |
| 7. INTERVALO DE TEMPO (dt)     | .018 s   |
| 8. PASSO DE TEMPO P.IMP.SAIDAS | 999999 s |
| 9. COTA PIEZOMETRICA INICIAL   | 496.0243 |
| 10. COTA TOPOGR.SECCAO INICIAL | 409.21   |
| 11. NUMERO DE TRECHOS          | 3        |

DADOS DOS TRECHOS

| TRE-<br>CHO | No<br>SEC | CONDICAO<br>CONTORNO |     | Qo<br>(m3/s) | COMPR.<br>(m) | DIAM.<br>(mm) | K<br>(mm) | 'f'    | a<br>(m/s) | PONT<br>TOP. | TOP.<br>JUS. |
|-------------|-----------|----------------------|-----|--------------|---------------|---------------|-----------|--------|------------|--------------|--------------|
|             |           | INIC                 | FIM |              |               |               |           |        |            |              |              |
| 1           | 4         | 1                    | 11  | 24.800       | 69.00         | 2900.0        | 0.100     | .01026 | 955        | 1            | 440.50       |
| 2           | 8         | 11                   | 5   | 24.800       | 138.00        | 2900.0        | 0.100     | .01026 | 955        | 0            | 451.00       |
| 3           | 10        | 5                    | 4   | 24.800       | 172.30        | 2900.0        | 0.100     | .01026 | 955        | 3            | 489.60       |

CONDICAO DE CONTORNO (LEGENDA)

|                     |                    |                      |                    |
|---------------------|--------------------|----------------------|--------------------|
| 1. PARADA BOMBAS    | 6. VALV. RED/SUST  | 11. TANQ. AR COMPR.  | 16. VENTOSAS       |
| 2. BOMB. OPERANDO   | 7. SAIDA LATERAL   | 12. VALV. DESCARGA   | 17. ESTR. CONTROLE |
| 3. RES. N. CTE MONT | 8. CHAMINE         | 13. EXTR. FECHADA    | 18. KOTAU.         |
| 4. RES. N. CTE. JUS | 9. TANQUE TAU      | 14. NO MULTIPLO      | 19. RETENCAO       |
| 5. JUNCAO SIMPLES   | 10. VAL. A JUSANTE | 15. NO MULT. +ACCESS | 20. INTERRUP. de Q |

DADOS DO PERFIL TOPOGRAFICO

| TRECHO | PONTO | 1     | 2     | 3     |
|--------|-------|-------|-------|-------|
| 1      | DIST. | 19.0  |       |       |
|        | COTA  | 409.2 |       |       |
| 2      | DIST. |       |       |       |
|        | COTA  |       |       |       |
| 3      | DIST. | 59.0  | 121.0 | 155.0 |
|        | COTA  | 456.0 | 476.0 | 497.0 |

DADOS DAS CONDICÖES DE CONTORNO

=====

DADOS DA ELEVATORIA A MONTANTE DO TRECHO 1

-----

|                                        |   |             |
|----------------------------------------|---|-------------|
| NO DE BOMBAS EM PARALELO               | = | 1           |
| ROTACAO DE REGIME                      | = | 360 R.P.M   |
| RENDIMENTO DAS BOMBAS                  | = | 88 %        |
| MOMENTO DE INERCIA /CONJ.              | = | 16650 Kg.m2 |
| NUMERO DE RAMAIS NA DESCARGA           | = | 1           |
| ALTURA DO N.A.DE SUCCAO ACIMA DO DATUM | = | 406.52 m    |
| COEFICIENTE 'K' NA DESCARGA            | = | 5           |
| DIAMETRO DE DESCARGA DAS BOMBAS        | = | 1.85 m      |
| BOMBAS MUNIDAS DE VALVULA DE RETENCAO  |   |             |

DADOS DO TANQUE DE AR COMPRIMIDO A JUSANTE DO TRECHO 1

-----  
AREA DO TANQUE = 19.63 m2)  
VOLUME DE AR EM REGIME PERMANENTE = 30 m3  
PRESSAO BAROMETRICA = 9.5 m  
DIAMETRO DA LIGACAO THP - LINHA = 1500 mm  
COEF.'K' DE Hf NA SAIDA = 5  
RELACAO Hf ENTRE A ENTRADA/SAIDA = 115  
COEF.`Cq' na formula  $H=Cq * Q^2$  -saida do THP = 9.792768E-02  
COEF.`Cq' na formula  $H=Cq * Q^2$  -entrada do THP = 9.401058  
COTA DO N.A.DO TANQUE EM REG.PERMANENTE = 445

CARACTERISTICAS EM REGIME PERMANENTE

---

| TRE-<br>CHO | VAZAO<br>(m <sup>3</sup> /s) | SECAO | COTAS<br>PIEZOM. | TOPOGRAF | PRESSAO<br>(m) |
|-------------|------------------------------|-------|------------------|----------|----------------|
| 1           | 24.800                       | 0     | 496.02           | 409.21   | 86.81          |
|             |                              | 1     | 495.98           | 409.21   | 86.77          |
|             |                              | 2     | 495.94           | 418.91   | 77.03          |
|             |                              | 3     | 495.89           | 429.70   | 66.19          |
|             |                              | 4     | 495.85           | 440.50   | 55.35          |
| 2           | 24.800                       | 0     | 495.85           | 440.50   | 55.35          |
|             |                              | 1     | 495.81           | 441.81   | 53.99          |
|             |                              | 2     | 495.76           | 443.13   | 52.64          |
|             |                              | 3     | 495.72           | 444.44   | 51.28          |
|             |                              | 4     | 495.67           | 445.75   | 49.92          |
|             |                              | 5     | 495.63           | 447.06   | 48.57          |
|             |                              | 6     | 495.59           | 448.38   | 47.21          |
|             |                              | 7     | 495.54           | 449.69   | 45.85          |
|             |                              | 8     | 495.50           | 451.00   | 44.50          |
| 3           | 24.800                       | 0     | 495.50           | 451.00   | 44.50          |
|             |                              | 1     | 495.45           | 452.46   | 42.99          |
|             |                              | 2     | 495.41           | 453.92   | 41.49          |
|             |                              | 3     | 495.37           | 455.38   | 39.99          |
|             |                              | 4     | 495.32           | 459.20   | 36.12          |
|             |                              | 5     | 495.28           | 464.76   | 30.52          |
|             |                              | 6     | 495.24           | 470.32   | 24.92          |
|             |                              | 7     | 495.19           | 475.87   | 19.32          |
|             |                              | 8     | 495.15           | 486.40   | 8.75           |
|             |                              | 9     | 495.10           | 496.97   | -1.87          |
|             |                              | 10    | 495.06           | 489.60   | 5.46           |

RESULTADOS

ESTES RESULTADOS CORRESPONDEM AO SEGUINTE CASO :  
 SISTEMA EB-I/3 - PROTEGIDA COM TANQUE THP

ENVOLTORIA DAS PRESSOES NO TRECHO 1

| SECAO | PRESSOES MAXIMAS (m) |         |           | PRESSOES MINIMAS (m) |         |           |
|-------|----------------------|---------|-----------|----------------------|---------|-----------|
|       | COTA PIEZ.           | PRESSAO | TEMPO (s) | COTA PIEZ.           | PRESSAO | TEMPO (s) |
| 0     | 507.8                | 98.6    | 4.3       | 432.8                | 23.6    | 1.3       |
| 1     | 507.7                | 98.5    | 4.3       | 435.1                | 25.9    | 1.3       |
| 2     | 507.7                | 88.8    | 4.3       | 437.4                | 18.5    | 1.4       |
| 3     | 507.6                | 77.9    | 4.3       | 439.8                | 10.1    | 1.4       |
| 4     | 507.3                | 66.8    | 4.3       | 442.0                | 1.5     | 1.4       |

TEMPO DE PARADA DA(S) BOMBA(S) = 1.314 s

VOLUME MAXIMO DE AR NO THP = 61.73146 m<sup>3</sup>, APOS 3.275993 s

NIVEL MINIMO ATINGIDO PELO THP = 443.383 APOS 3.275993 s

ENVOLTORIA DAS PRESSOES NO TRECHO 2

| SECAO | PRESSOES MAXIMAS (m) |         |           | PRESSOES MINIMAS (m) |         |           |
|-------|----------------------|---------|-----------|----------------------|---------|-----------|
|       | COTA PIEZ.           | PRESSAO | TEMPO (s) | COTA PIEZ.           | PRESSAO | TEMPO (s) |
| 0     | 507.3                | 66.8    | 4.3       | 442.0                | 1.5     | 1.4       |
| 1     | 507.3                | 65.4    | 4.2       | 444.4                | 2.6     | 1.4       |
| 2     | 507.0                | 63.9    | 4.2       | 446.9                | 3.8     | 1.4       |
| 3     | 506.7                | 62.3    | 4.2       | 449.5                | 5.1     | 1.4       |
| 4     | 506.5                | 60.8    | 4.2       | 452.2                | 6.5     | 1.4       |
| 5     | 506.0                | 59.0    | 4.2       | 455.1                | 8.0     | 1.4       |
| 6     | 505.4                | 57.1    | 4.2       | 458.0                | 9.6     | 1.5       |
| 7     | 504.8                | 55.1    | 4.2       | 461.0                | 11.3    | 1.5       |
| 8     | 504.1                | 53.1    | 4.2       | 464.0                | 13.0    | 1.5       |

ENVOLTORIA DAS PRESSOES NO TRECHO 3

| SECAO | PRESSOES MAXIMAS (m) |         |           | PRESSOES MINIMAS (m) |         |           |
|-------|----------------------|---------|-----------|----------------------|---------|-----------|
|       | COTA PIEZ.           | PRESSAO | TEMPO (s) | COTA PIEZ.           | PRESSAO | TEMPO (s) |
| 0     | 504.1                | 53.1    | 4.2       | 464.0                | 13.0    | 1.5       |
| 1     | 503.5                | 51.0    | 4.3       | 466.9                | 14.5    | 1.4       |
| 2     | 503.0                | 49.1    | 4.3       | 470.0                | 16.0    | 1.4       |
| 3     | 502.5                | 47.1    | 4.3       | 472.9                | 17.5    | 1.5       |
| 4     | 501.9                | 42.7    | 4.3       | 476.0                | 16.8    | 1.4       |
| 5     | 501.3                | 36.5    | 4.3       | 479.1                | 14.4    | 1.4       |
| 6     | 500.3                | 30.0    | 4.3       | 482.4                | 12.1    | 1.5       |
| 7     | 499.1                | 23.2    | 4.3       | 485.5                | 9.6     | 1.4       |
| 8     | 497.8                | 11.4    | 4.3       | 488.6                | 2.2     | 1.5       |
| 9     | 496.4                | -0.5    | 4.4       | 491.8                | -5.2    | 1.5       |
| 10    | 495.1                | 5.5     | 300.0     | 495.1                | 5.5     | 300.0     |



SIMULAÇÃO 3.3

ANALISE DE ESCOAMENTO TRANSITORIO  
EM CONDUTOS FORCADOS

=====

|              |                                   |
|--------------|-----------------------------------|
| 1. PROJETO   | TRANSPOSICAO DO RIO SAO FRANCISCO |
| 2. CLIENTE   | FUNDATE                           |
| 3. DATA      | 01-19-2001 (m-d-a)                |
| 4. DESCRICAO |                                   |

SISTEMA EB-I/3 - PROTECAO COM VOLANTES E APROFUNDAMENTO DE LINHA‡

|                         |                                     |
|-------------------------|-------------------------------------|
| 5. ORIGEM DO TRANSIENTE | PARADA SUBITA DAS BOMBAS - Q MAXIMO |
|-------------------------|-------------------------------------|

=====

DADOS GERAIS

=====

|                                |          |
|--------------------------------|----------|
| 6. TEMPO DE SIMULACAO          | 300 s    |
| 7. INTERVALO DE TEMPO (dt)     | .018 s   |
| 8. PASSO DE TEMPO P.IMP.SAIDAS | 999999 s |
| 9. COTA PIEZOMETRICA INICIAL   | 496.0243 |
| 10. COTA TOPOGR.SECCAO INICIAL | 409.21   |
| 11. NUMERO DE TRECHOS          | 3        |

DADOS DOS TRECHOS

| TRE-<br>CHIO | No<br>SEC | CONDICAO<br>CONTORNO |     | Qo<br>(m3/s) | COMPR.<br>(m) | DIAM.<br>(mm) | K<br>(mm) | 'f'    | a<br>(m/s) | PONT<br>TOP. | TOP.<br>JUS. |
|--------------|-----------|----------------------|-----|--------------|---------------|---------------|-----------|--------|------------|--------------|--------------|
|              |           | INIC                 | FIM |              |               |               |           |        |            |              |              |
| 1            | 4         | 1                    | 5   | 24.800       | 69.00         | 2900.0        | 0.100     | .01026 | 955        | 1            | 425.00       |
| 2            | 8         | 5                    | 5   | 24.800       | 138.00        | 2900.0        | 0.100     | .01026 | 955        | 0            | 438.00       |
| 3            | 10        | 5                    | 4   | 24.800       | 172.30        | 2900.0        | 0.100     | .01026 | 955        | 3            | 489.60       |

CONDICAO DE CONTORNO (LEGENDA)

|                     |                    |                     |                    |
|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| 1. PARADA BOMBAS    | 6. VALV. RED/SUST  | 11. TANQ. AR COMPR. | 16. VENTOSAS       |
| 2. BOMB. OPERANDO   | 7. SAIDA LATERAL   | 12. VALV. DESCARGA  | 17. ESTR. CONTROLE |
| 3. RES. N. CTE MONT | 8. CHAMINE         | 13. EXTR. FECHADA   | 18. KOTAU.         |
| 4. RES. N. CTE. JUS | 9. TANQUE TAU      | 14. NO MULTIPLO     | 19. RETENCAO       |
| 5. JUNCAO SIMPLES   | 10. VAL. A JUSANTE | 15. NO MULT.+ACESS  | 20. INTERRUP. de Q |

DADOS DO PERFIL TOPOGRAFICO

| TRECHO | PONTO | 1     | 2     | 3     |
|--------|-------|-------|-------|-------|
| 1      | DIST. | 19.0  |       |       |
|        | COTA  | 409.2 |       |       |
| 2      | DIST. |       |       |       |
|        | COTA  |       |       |       |
| 3      | DIST. | 59.0  | 121.0 | 155.0 |
|        | COTA  | 456.0 | 476.0 | 497.0 |

DADOS DAS CONDICÕES DE CONTORNO

=====

DADOS DA ELEVATORIA A MONTANTE DO TRECHO 1

-----

|                                        |   |                         |
|----------------------------------------|---|-------------------------|
| NO DE BOMBAS EM PARALELO               | = | 1                       |
| ROTACAO DE REGIME                      | = | 360 R.P.M               |
| RENDIMENTO DAS BOMBAS                  | = | 88 %                    |
| MOMENTO DE INERCIA /CONJ.              | = | 25000 Kg.m <sup>2</sup> |
| NUMERO DE RAMAIS NA DESCARGA           | = | 1                       |
| ALTURA DO N.A.DE SUCCAO ACIMA DO DATUM | = | 406.52 m                |
| COEFICIENTE 'K' NA DESCARGA            | = | 5                       |
| DIAMETRO DE DESCARGA DAS BOMBAS        | = | 1.85 m                  |
| BOMBAS MUNIDAS DE VALVULA DE RETENCAO  |   |                         |

CARACTERISTICAS EM REGIME PERMANENTE

---

| TRE-<br>CHO | VAZAO<br>(m3/s) | SECAO | COTAS<br>PIEZOM. | TOPOGRAF | PRESSAO<br>(m) |
|-------------|-----------------|-------|------------------|----------|----------------|
| 1           | 24.800          | 0     | 496.02           | 409.21   | 86.81          |
|             |                 | 1     | 495.98           | 409.21   | 86.77          |
|             |                 | 2     | 495.94           | 414.10   | 81.83          |
|             |                 | 3     | 495.89           | 419.55   | 76.34          |
|             |                 | 4     | 495.85           | 425.00   | 70.85          |
| 2           | 24.800          | 0     | 495.85           | 425.00   | 70.85          |
|             |                 | 1     | 495.81           | 426.63   | 69.18          |
|             |                 | 2     | 495.76           | 428.25   | 67.51          |
|             |                 | 3     | 495.72           | 429.88   | 65.84          |
|             |                 | 4     | 495.67           | 431.50   | 64.17          |
|             |                 | 5     | 495.63           | 433.13   | 62.50          |
|             |                 | 6     | 495.59           | 434.75   | 60.84          |
|             |                 | 7     | 495.54           | 436.38   | 59.17          |
|             |                 | 8     | 495.50           | 438.00   | 57.50          |
| 3           | 24.800          | 0     | 495.50           | 438.00   | 57.50          |
|             |                 | 1     | 495.45           | 443.26   | 52.20          |
|             |                 | 2     | 495.41           | 448.51   | 46.90          |
|             |                 | 3     | 495.37           | 453.77   | 41.60          |
|             |                 | 4     | 495.32           | 459.20   | 36.12          |
|             |                 | 5     | 495.28           | 464.76   | 30.52          |
|             |                 | 6     | 495.24           | 470.32   | 24.92          |
|             |                 | 7     | 495.19           | 475.87   | 19.32          |
|             |                 | 8     | 495.15           | 486.40   | 8.75           |
|             |                 | 9     | 495.10           | 496.97   | -1.87          |
|             |                 | 10    | 495.06           | 489.60   | 5.46           |

⌄

RESULTADOS

=====
   
ESTES RESULTADOS CORRESPONDEM AO SEGUINTE CASO :
   
SISTEMA EB-I/3 - PROTECAO COM VOLANTES E APROFUNDAMENTO DE LINHA
   
=====

-----
   
ENVOLTORIA DAS PRESSOES NO TRECHO 1
   
-----

| SECAO | PRESSOES MAXIMAS (m) |         |           | PRESSOES MINIMAS (m) |         |           |
|-------|----------------------|---------|-----------|----------------------|---------|-----------|
|       | COTA PIEZ.           | PRESSAO | TEMPO (s) | COTA PIEZ.           | PRESSAO | TEMPO (s) |
| 0     | 565.7                | 156.4   | 3.2       | 419.9                | 10.7    | 0.8       |
| 1     | 563.7                | 154.5   | 3.1       | 421.5                | 12.2    | 0.8       |
| 2     | 561.7                | 147.6   | 3.1       | 423.1                | 9.0     | 0.8       |
| 3     | 559.6                | 140.0   | 3.1       | 424.8                | 5.2     | 0.7       |
| 4     | 557.4                | 132.4   | 3.1       | 426.6                | 1.6     | 0.7       |

TEMPO DE PARADA DA(S) BOMBA(S) = 2.393998 s

⌄

-----
   
ENVOLTORIA DAS PRESSOES NO TRECHO 2
   
-----

| SECAO | PRESSOES MAXIMAS (m) |         |           | PRESSOES MINIMAS (m) |         |           |
|-------|----------------------|---------|-----------|----------------------|---------|-----------|
|       | COTA PIEZ.           | PRESSAO | TEMPO (s) | COTA PIEZ.           | PRESSAO | TEMPO (s) |
| 0     | 557.4                | 132.4   | 3.1       | 426.6                | 1.6     | 0.7       |
| 1     | 555.1                | 128.4   | 3.1       | 428.6                | 2.0     | 0.7       |
| 2     | 552.6                | 124.4   | 3.1       | 430.7                | 2.4     | 0.7       |
| 3     | 550.1                | 120.3   | 3.0       | 432.9                | 3.0     | 0.7       |
| 4     | 547.5                | 116.0   | 3.0       | 435.2                | 3.7     | 0.6       |
| 5     | 544.7                | 111.6   | 3.0       | 437.8                | 4.6     | 0.6       |
| 6     | 541.7                | 106.9   | 3.0       | 440.6                | 5.8     | 0.6       |
| 7     | 538.7                | 102.3   | 3.0       | 443.5                | 7.1     | 0.6       |
| 8     | 535.5                | 97.5    | 3.0       | 446.7                | 8.7     | 0.6       |

-----
   
ENVOLTORIA DAS PRESSOES NO TRECHO 3
   
-----

| SECAO | PRESSOES MAXIMAS (m) |         |           | PRESSOES MINIMAS (m) |         |           |
|-------|----------------------|---------|-----------|----------------------|---------|-----------|
|       | COTA PIEZ.           | PRESSAO | TEMPO (s) | COTA PIEZ.           | PRESSAO | TEMPO (s) |
| 0     | 535.5                | 97.5    | 3.0       | 446.7                | 8.7     | 0.6       |
| 1     | 532.3                | 89.0    | 2.9       | 450.1                | 6.8     | 0.6       |
| 2     | 528.8                | 80.3    | 2.9       | 453.7                | 5.2     | 0.5       |
| 3     | 525.1                | 71.3    | 2.9       | 457.6                | 3.8     | 0.5       |
| 4     | 521.3                | 62.1    | 2.9       | 461.8                | 2.6     | 0.5       |
| 5     | 517.3                | 52.6    | 2.9       | 466.3                | 1.5     | 0.5       |
| 6     | 513.2                | 42.9    | 2.9       | 471.2                | 0.9     | 0.5       |
| 7     | 508.9                | 33.0    | 2.8       | 476.4                | 0.6     | 0.5       |
| 8     | 504.4                | 18.0    | 2.8       | 482.1                | -4.3    | 0.4       |
| 9     | 499.8                | 2.8     | 2.8       | 488.3                | -8.6    | 0.4       |
| 10    | 495.1                | 5.5     | 300.0     | 495.1                | 5.5     | 300.0     |

---

**ANEXO II-B**  
**ANÁLISE HIDRÁULICA EM REGIME PERMANENTE**

---

## **1. GENERALIDADES**

O presente memorial trata do cálculo das vazões a serem veiculadas pelos sistemas do projeto das Estações de Bombeamento EB-I/1, EB-I/2, EB-I/3. Sendo de interesse a determinação das máximas vazões escoantes, foram analisados todos os casos possíveis associados a esta condição, até aqueles de probabilidade remota de ocorrência, decorrentes de manobras erradas. Estas vazões são a base para análise do estudo de transitório hidráulico que em última análise é o objetivo primordial deste trabalho.

## **2. CÁLCULO DAS CONDIÇÕES OPERACIONAIS EM REGIME DE ESCOAMENTO PERMANENTE.**

### **2.1 PREMISSAS**

a) coeficiente de atrito: Foram definidos os valores da rugosidade absoluta “K” para as condições de projeto como sendo:

$$K = 0,2$$

### **2.2 CÁLCULOS HIDRÁULICOS**

Foram analisados os seguintes casos:

- a) Sistema EB-I/1
- b) Sistema EB-I/2
- c) Sistema EB-I/3

No item 5 são apresentados os cálculos hidráulicos para o sistema em pauta, bem como uma planilha “Resumo” onde estão caracterizados as vazões esperadas em cada um dos esquemas analisados.

Além do resumo, para cada esquema foram elaboradas duas planilhas de cômputo e um gráfico. A primeira planilha denominada “perdas” apresenta o cálculo das perdas localizadas e distribuídas do sistema correspondente, para

uma vazão genérica próxima à esperada (vide quadros EB1.1, EB2.1 e EB3.1). A Segunda planilha que indica o esquema correspondente, determina as curvas do sistema e as curvas das bombas adotadas. No fim desta planilha apresenta-se os “pontos notáveis” ou pontos de operação de regime, objeto do estudo. (Vide quadros EB1.2, EB2.2 e EB2.3)

### **2.3 CÁLCULO DAS CURVAS DO SISTEMA**

O cômputo das perdas de carga localizadas foi feito com base a levantamento das peças e singularidades existentes no caminhamento do escoamento em estudo. Estas perdas foram calculadas em função das respectivas vazões nominais, e os coeficientes de perda de carga estipulados na literatura especializada. [1], [2] .

O cômputo das perdas de carga distribuídas foi feito mediante a Fórmula Universal, empregando-se as rugosidades absolutas indicadas anteriormente.

O cálculo das perdas localizadas e distribuídas é apresentado nas planilhas “perdas”, do item 5.

Os desníveis geométricos máximos e mínimos a se transpor, são determinados mediante a diferença entre os níveis mínimo de sucção e máximo de descarga; e máximo de sucção e mínimo de descarga, respectivamente.

As curvas do sistema máximas e mínimas, são calculadas a partir dos desníveis máximo e mínimo adicionadas com a projeção de perdas de carga calculada em função da perda correspondente à vazão genérica vezes o quadrado da relação de vazões atual e genérica.

### **2.4 CÁLCULO DAS CURVAS DAS BOMBAS**

Com as curvas de bombas obtidas junto a fabricantes, calculou-se mediante regressão polinômica, a equação de 4º grau, conforme consta nas folhas de cálculo em anexo.



O cálculo das curvas máximas e mínimas dos sistemas bem como as curvas das bombas são apresentadas nas folhas de cômputo e nas planilhas correspondentes.

## **2.5 GRÁFICOS DOS SISTEMAS E DAS BOMBAS**

Com base nos resultados obtidos nas planilhas acima, foram feitas as figuras das curvas dos sistemas e das bombas.

## **3. RESULTADOS**

Os resultados encontram-se nos quadros “resumo” da análise de cada sistema

## **4. BIBLIOGRAFIA**

1. LENCASTRE A. “Hidráulica Geral” – 2<sup>a</sup>. Edição Luso- Brasileira, 1991
2. MILLER D.S. “Internal Flow Systems” , BHRA Fluid Engineering, 1978

## **5. ANEXOS**

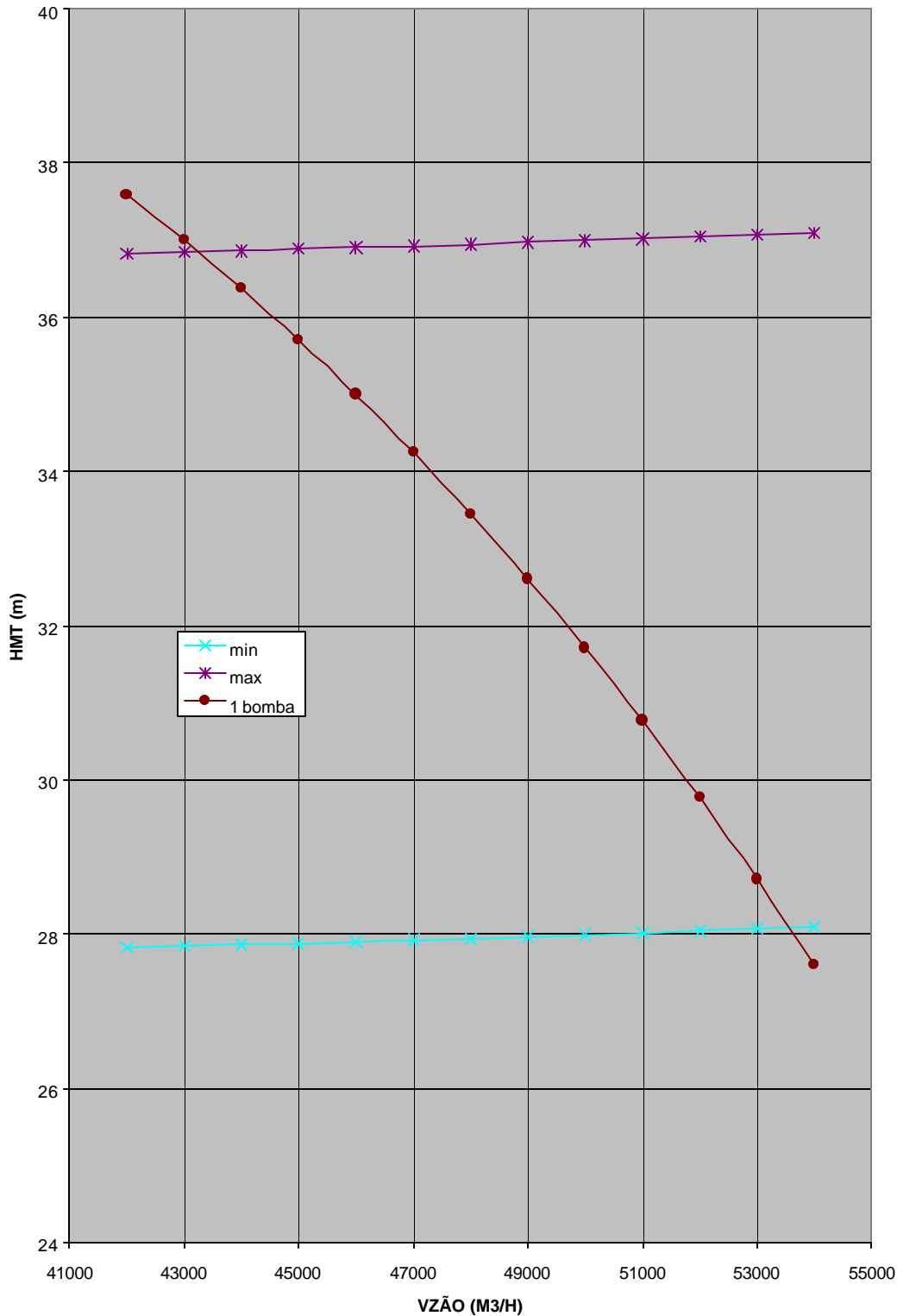
- a) Curvas das bombas fornecidas pelos fabricantes
- b) Folhas de cálculo das equações das curvas das bombas estudadas

|                |                                        |                         |               |                   |
|----------------|----------------------------------------|-------------------------|---------------|-------------------|
| RESUMO         |                                        |                         |               |                   |
| PROJETO:       | TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUAS DO SÃO FRANCISCO |                         |               |                   |
| SISTEMA:       | ELEVATÓRIA EBI-1                       |                         |               |                   |
| Ponto nominal: |                                        | Q:                      | 12380         | l/s/bomba         |
|                |                                        |                         | 44568         | m <sup>3</sup> /h |
|                |                                        | Hm:                     | 35,984        | m                 |
| Dados:         |                                        |                         |               |                   |
|                |                                        | Pressão atmosférica:    | 9,5           | m                 |
|                |                                        | Pressão de vapor:       | 0,25          | m                 |
|                |                                        | Cota do rotor da bomba: | 321,7         |                   |
|                | FABRICANTE:                            | ITT A-C Pump            |               |                   |
|                |                                        | <b>327 rpm</b>          | <b>rotor=</b> |                   |
|                | N de bombas                            | 1                       |               |                   |
| c/desnível     | Qtot(m <sup>3</sup> /h)                | 43.253                  |               |                   |
| máximo         | Q/bomba(m <sup>3</sup> /h)             | 43.253                  |               |                   |
|                | Q/bomba(l/s)                           | 12.015                  |               |                   |
|                | Hm (m)                                 | 36,8                    |               |                   |
|                | rendimento(%)                          | <b>89</b>               |               |                   |
|                | BHP total(CV)                          | 6.632                   |               |                   |
|                | BHP/bomba(CV)                          | 6.632                   |               |                   |
|                | (kW)                                   | 4.881                   |               |                   |
|                | Cota na sucção                         | <b>324,89</b>           |               |                   |
|                | Perdas na sucção(m)                    | -                       |               |                   |
|                | NPSHd (m)                              | 12,44                   |               |                   |
|                | NPSHr (m)                              | <b>10</b>               |               |                   |
| c/desnível     | Qtot(m <sup>3</sup> /h)                | 53.575                  |               |                   |
| mínimo         | Q/bomba(m <sup>3</sup> /h)             | 53.575                  |               |                   |
|                | Q/bomba(l/s)                           | 14.882                  |               |                   |
|                | Hm (m)                                 | 28,1                    |               |                   |
|                | rendimento(%)                          | <b>87</b>               |               |                   |
|                | BHP total(CV)                          | 6.405                   |               |                   |
|                | BHP/bomba(CV)                          | 6.405                   |               |                   |
|                | (kW)                                   | 4.714                   |               |                   |
|                | Cota na sucção                         | <b>329,32</b>           |               |                   |
|                | Perdas na sucção(m)                    | -                       |               |                   |
|                | NPSHd (m)                              | 16,87                   |               |                   |
|                | NPSHr (m)                              | <b>16</b>               |               |                   |

| QUADRO:                                        | EB1.1                                  |          |       |            |       |                  |                  |        |              |            |
|------------------------------------------------|----------------------------------------|----------|-------|------------|-------|------------------|------------------|--------|--------------|------------|
| PROJETO                                        | TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUAS DO SÃO FRANCISCO |          |       |            |       |                  |                  |        |              |            |
| SISTEMA                                        | ELEVATÓRIA EBI-1                       |          |       |            |       |                  |                  |        |              |            |
| <b>CALCULO DE SISTEMAS DE BOMBEAMENTO</b>      |                                        |          |       |            |       |                  |                  |        |              |            |
| <b>CÔMPUTO DE PERDAS DE CARGA LOCALIZADAS</b>  |                                        |          |       |            |       |                  |                  |        |              | <b>SUM</b> |
| DESCRIÇÃO                                      | QUAN                                   | DIÂMETRO | VAZÃO | VELOCIDADE | V2/2G | K                | Hf               | Hf     |              |            |
|                                                |                                        | (mm)     | (l/s) | (m/s)      | (m)   |                  | (m)              | (m)    | (m)          |            |
|                                                |                                        |          | 12380 |            |       |                  |                  |        |              |            |
| Redução                                        | 1                                      | 2000     | 2300  | 12380      | 3,9   | 3,0              | 0,05             | 0,50   | 0,02         | 0,3        |
| Curva a 45°                                    | 1                                      | 2300     |       | 12380      | 3,0   |                  | 0,45             | 0,20   | 0,09         |            |
| Ampliação                                      | 1                                      | 2300     | 2600  | 12380      | 3,0   | 2,3              | 0,02             | 0,50   | 0,01         |            |
| Curva do sifão                                 | 1                                      | 2600     |       | 12380      | 2,3   |                  | 0,28             | 0,20   | 0,06         |            |
| Ampliação                                      | 1                                      | 2600     | 2850  | 12380      | 2,3   | 1,9              | 0,01             | 0,50   | 0,00         |            |
| Curva                                          | 1                                      | 2850     |       | 12380      | 1,9   |                  | 0,19             | 0,20   | 0,04         |            |
| Ampliação                                      | 1                                      | 2850     | 3880  | 12380      | 1,9   | 1,0              | 0,04             | 0,50   | 0,02         |            |
| Saida                                          | 1                                      | 3880     |       | 12380      | 1,05  |                  | 0,06             | 1,00   | 0,06         |            |
| <b>CÔMPUTO DE PERDAS DE CARGA DISTRIBUIDAS</b> |                                        |          |       |            |       |                  |                  |        |              |            |
| DESCRIÇÃO                                      | OMPR.                                  | VAZÃO    | DIAM. | K          | ELOC. | NoREYN           | "f"              | "j"    | Hf           |            |
|                                                | (m)                                    | (l/s)    | (mm)  | (mm)       | (m/s) | x10 <sup>3</sup> | x10 <sup>2</sup> | n/100) | (m)          |            |
| Tubulação em aço car                           | 70                                     | 12380    | 2300  | 0,2        | 3,0   | 6.853,3          | 1,20             | 2,37   | 0,17         | 0,2        |
|                                                |                                        |          |       |            |       |                  |                  |        | <b>TOTAL</b> | <b>0,5</b> |

|                                                |               |              |               |                |                                  |                       |                |                 |                 |
|------------------------------------------------|---------------|--------------|---------------|----------------|----------------------------------|-----------------------|----------------|-----------------|-----------------|
| QUADRO: EB1.2                                  |               |              |               |                |                                  |                       |                |                 |                 |
| PROJETO TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUAS DO SÃO FRANCISCO |               |              |               |                |                                  |                       |                |                 |                 |
| SISTEMA ELEVATÓRIA EBI-1                       |               |              |               |                |                                  |                       |                |                 |                 |
| <b>Curvas do sistema e das bombas</b>          |               |              |               |                |                                  |                       |                |                 |                 |
| <b>DADOS GERAIS</b>                            |               |              |               |                |                                  | <b>BOMBAS</b>         |                |                 |                 |
|                                                |               |              |               |                |                                  | <b>ITT A-C Pump</b>   |                |                 |                 |
|                                                |               |              |               |                |                                  | <b>327 rpm rotor=</b> |                |                 |                 |
|                                                |               |              |               |                | N. de bombas                     | <b>1</b>              | <b>2</b>       | <b>4</b>        |                 |
| Vazão (l/s)                                    | 12380         |              |               |                |                                  |                       |                |                 |                 |
| (m3/h)                                         | 44568         |              | sifão         |                | A0=                              | -5,462E-19            | -3,414E-20     | -2,134E-21      |                 |
| Perda de carga (m)                             | 0,464         | 0,464        |               | Normal/nominal | A1=                              | -2,373E-13            | -2,966E-14     | -3,708E-15      |                 |
| Nível de sucção (max.e min.)                   | 329,32        | 324,89       | 324,89        | 324,98         | A2=                              | 1,795E-08             | 4,488E-09      | 1,122E-09       |                 |
| Nível de descarga (max. e min.)                | 361,3         | 356,73       | 362,4         | 360,5          | A3=                              | -6,617E-04            | -3,309E-04     | -1,654E-04      |                 |
| Desnível geométrico (max. e min.)              | 36,41         | 27,41        | 37,51         | 35,52          | A4=                              | 53                    | 53             | 53              |                 |
| Altura manométrica média (m)                   | 32,37         |              |               | 35,984         |                                  |                       |                |                 |                 |
| <b>CÁLCULO DAS CURVAS DO SISTEMA</b>           |               |              |               |                | $H=A0*Q^4+A1*Q^3+A2*Q^2+A3*Q+A4$ |                       |                |                 |                 |
|                                                |               |              |               |                | Q= (m3/h); H= (m)                |                       |                |                 |                 |
|                                                | <b>VAZÃO</b>  |              | <b>Hf (m)</b> |                | <b>Hm (m)</b>                    |                       |                |                 |                 |
|                                                | <b>(m3/h)</b> | <b>(l/s)</b> | <b>min</b>    | <b>max</b>     | <b>min</b>                       | <b>max</b>            | <b>1 bomba</b> | <b>2 bombas</b> | <b>4 bombas</b> |
|                                                | 42.000        | 11.667       | 0,41          | 0,41           | 27,82                            | 36,82                 | 37,59          | 44,72           |                 |
|                                                | 43.000        | 11.944       | 0,43          | 0,43           | 27,84                            | 36,84                 | 37,00          |                 |                 |
|                                                | 44.000        | 12.222       | 0,45          | 0,45           | 27,86                            | 36,86                 | 36,37          |                 | 47,57           |
|                                                | 45.000        | 12.500       | 0,47          | 0,47           | 27,88                            | 36,88                 | 35,71          |                 |                 |
|                                                | 46.000        | 12.778       | 0,49          | 0,49           | 27,90                            | 36,90                 | 35,00          |                 |                 |
|                                                | 47.000        | 13.056       | 0,52          | 0,52           | 27,93                            | 36,93                 | 34,25          |                 |                 |
|                                                | 48.000        | 13.333       | 0,54          | 0,54           | 27,95                            | 36,95                 | 33,45          |                 |                 |
|                                                | 49.000        | 13.611       | 0,56          | 0,56           | 27,97                            | 36,97                 | 32,61          |                 |                 |
|                                                | 50.000        | 13.889       | 0,58          | 0,58           | 27,99                            | 36,99                 | 31,71          |                 |                 |
|                                                | 51.000        | 14.167       | 0,61          | 0,61           | 28,02                            | 37,02                 | 30,77          |                 |                 |
|                                                | 52.000        | 14.444       | 0,63          | 0,63           | 28,04                            | 37,04                 | 29,77          |                 |                 |
|                                                | 53.000        | 14.722       | 0,66          | 0,66           | 28,07                            | 37,07                 | 28,71          |                 |                 |
|                                                | 54.000        | 15.000       | 0,68          | 0,68           | 28,09                            | 37,09                 | 27,60          |                 |                 |
| Pontos notáveis:                               |               |              |               |                |                                  |                       |                |                 |                 |
| Q max operando 1 única bomba                   | 53.575        | 14.882       | 0,67          |                | 28,08                            |                       | 28,08          |                 |                 |
| Q min operando 1 única bomba                   | 43.253        | 12.015       | 0,44          | 0,44           | 27,85                            | 36,85                 | 36,85          |                 |                 |
| Com sifão                                      | 41.431        | 11.509       | 0,40          | 0,40           | 27,81                            | 37,91                 | 37,91          |                 |                 |

SISTEMA EBI-1  
Cusvas do sistema e das bombas



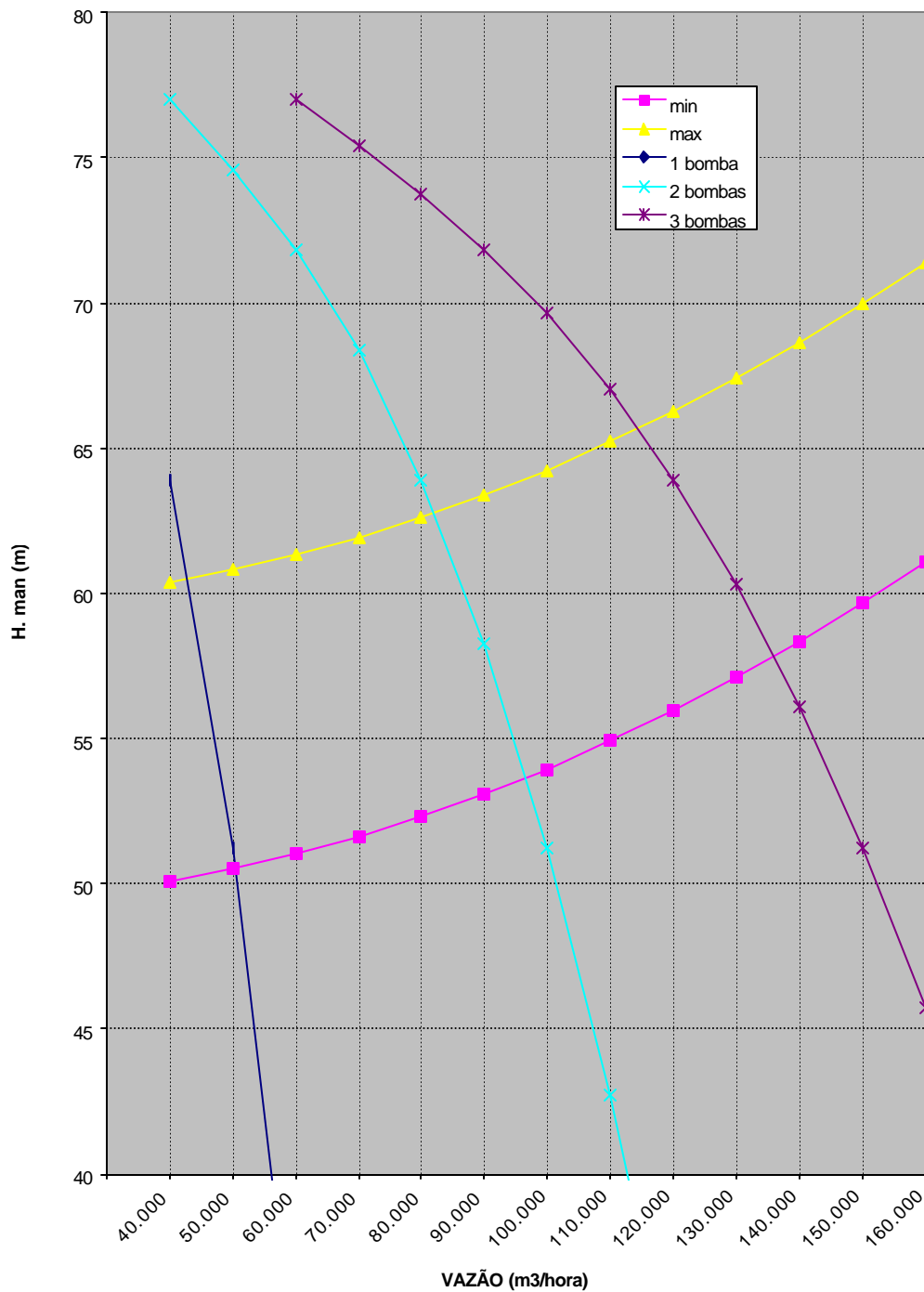
|                |                                        |                        |               |               |
|----------------|----------------------------------------|------------------------|---------------|---------------|
| RESUMO         |                                        |                        |               |               |
| PROJETO:       | TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUAS DO SÃO FRANCISCO |                        |               |               |
| SISTEMA:       | ELEVATÓRIA EBI-2                       |                        |               |               |
| Ponto nominal: |                                        | Q:                     | 12380         | l/s/bomba     |
|                |                                        |                        | 44568         | m3/h          |
|                |                                        | Hm:                    | 58,744        | m             |
| Dados:         |                                        |                        |               |               |
|                |                                        | Pressão atmosférica:   | 9,5           | m             |
|                |                                        | Pressão de vapor:      | 0,25          | m             |
|                |                                        | Cota do eixo da bomba: | 347,15        |               |
|                |                                        |                        |               |               |
|                | FABRICANTE:                            | ITT A-C Pump           |               |               |
|                |                                        | <b>360 rpm</b>         | <b>rotor=</b> |               |
|                | N de bombas                            | 1                      | 2             | 3             |
| c/desnível     | Qtot(m3/h)                             | 43.147                 | 82.252        | 114.538       |
| máximo         | Q/bomba(m3/h)                          | 43.147                 | 41.126        | 38.179        |
|                | Q/bomba(l/s)                           | 11.985                 | 11.424        | 10.605        |
|                | Hm (m)                                 | 60,5                   | 62,8          | 65,7          |
|                | rendimento(%)                          | <b>89</b>              | <b>89</b>     | <b>88</b>     |
|                | BHP total(CV)                          | 10.865                 | 21.483        | 31.660        |
|                | BHP/bomba(CV)                          | 10.865                 | 10.742        | 10.553        |
|                | (kW)                                   | 7.997                  | 7.906         | 7.767         |
|                | Cota na sucção                         | <b>349,78</b>          | <b>349,78</b> | <b>349,78</b> |
|                | Perdas na sucção(m)                    | -                      | -             | -             |
|                | NPSHd (m)                              | 11,88                  | 11,88         | 11,88         |
|                | NPSHr (m)                              | <b>10</b>              | <b>10</b>     | <b>11</b>     |
| c/desnível     | Qtot(m3/h)                             | 50.444                 | 96.768        | 135.989       |
| mínimo         | Q/bomba(m3/h)                          | 50.444                 | 48.384        | 45.330        |
|                | Q/bomba(l/s)                           | 14.012                 | 13.440        | 12.592        |
|                | Hm (m)                                 | 50,5                   | 53,7          | 57,8          |
|                | rendimento(%)                          | <b>88</b>              | <b>88</b>     | <b>88</b>     |
|                | BHP total(CV)                          | 10.727                 | 21.852        | 33.104        |
|                | BHP/bomba(CV)                          | 10.727                 | 10.926        | 11.035        |
|                | (kW)                                   | 7.895                  | 8.041         | 8.122         |
|                | Cota na sucção                         | <b>355,74</b>          | <b>355,74</b> | <b>355,74</b> |
|                | Perdas na sucção(m)                    | -                      | -             | -             |
|                | NPSHd (m)                              | 17,84                  | 17,84         | 17,84         |
|                | NPSHr (m)                              | <b>11</b>              | <b>11</b>     | <b>11</b>     |

| QUADRO:                                        | EB2,1                                  |          |       |         |            |                  |                  |        |               |            |
|------------------------------------------------|----------------------------------------|----------|-------|---------|------------|------------------|------------------|--------|---------------|------------|
| PROJETO                                        | TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUAS DO SÃO FRANCISCO |          |       |         |            |                  |                  |        |               |            |
| SISTEMA                                        | ELEVATÓRIA EBI-2                       |          |       |         |            |                  |                  |        |               |            |
| <b>CALCULO DE SISTEMAS DE BOMBEAMENTO</b>      |                                        |          |       |         |            |                  |                  |        |               |            |
| <b>CÔMPUTO DE PERDAS DE CARGA LOCALIZADAS</b>  |                                        |          |       |         |            |                  |                  |        |               | <b>SUM</b> |
| DESCRIÇÃO                                      | QUAN                                   | DIÂMETRO |       | VAZÃO   | VELOCIDADE | V2/2G            | K                | Hf     | Hf            |            |
|                                                |                                        | (mm)     |       | (l/s)   | (m/s)      | (m)              |                  | (m)    | (m)           |            |
|                                                |                                        |          |       | 24760   |            |                  |                  |        |               |            |
| Redução                                        | 1                                      | 2000     | 2000  | 12380   | 3,9        | 3,9              | -                | 0,50   | -             | 3,1        |
| Curva a 45°                                    | 1                                      | 2000     |       | 12380   | 3,9        |                  | 0,79             | 0,20   | 0,16          |            |
| V, Retenção                                    | 1                                      | 2000     |       | 12380   | 3,9        |                  | 0,79             | 2,50   | 1,98          |            |
| V, Borboleta                                   | 1                                      | 2000     |       | 12380   | 3,9        |                  | 0,79             | 0,05   | 0,04          |            |
| Entr.a 45°c/ampl                               | 1                                      | 3000     |       | 24760   | 3,5        |                  | 0,63             | 1,00   | 0,63          |            |
| Curva a 30°                                    | 1                                      | 3000     |       | 24760   | 3,50       |                  | 0,63             | 0,20   | 0,13          |            |
| Ampliação                                      | 1                                      | 3000     | 3677  | 24760   | 3,5        | 2,3              | 0,07             | 0,50   | 0,03          |            |
| Curva do sifão                                 | 1                                      | 3677     |       | 24760   | 2,3        |                  | 0,28             | 0,20   | 0,06          |            |
| Ampliação                                      | 1                                      | 3677     | 5620  | 24760   | 2,3        | 1,0              | 0,09             | 0,50   | 0,05          |            |
| Saida                                          | 1                                      | 5620     |       | 24760   | 1,00       |                  | 0,05             | 1,00   | 0,05          |            |
| <b>CÔMPUTO DE PERDAS DE CARGA DISTRIBUIDAS</b> |                                        |          |       |         |            |                  |                  |        |               |            |
| DESCRIÇÃO                                      | OMPR.                                  | VAZÃO    | DIAM. | K/ELOC. |            | NoREYN           | "f"              | "j"    | Hf            |            |
|                                                | (m)                                    | (l/s)    | (mm)  | (mm)    | (m/s)      | x10 <sup>3</sup> | x10 <sup>2</sup> | n/100) | (m)           |            |
|                                                |                                        |          |       |         |            |                  |                  |        |               |            |
| Tubulação em aco car                           | 223                                    | 24760    | 3000  | 0,2     | 3,5        | 10.508,4         | 1,14             | 2,38   | 0,53          | 0,5        |
|                                                |                                        |          |       |         |            |                  |                  |        | <b>TOTAL:</b> | <b>3.6</b> |

|                                       |                                        |              |                |               |       |                                  |            |            |            |          |   |
|---------------------------------------|----------------------------------------|--------------|----------------|---------------|-------|----------------------------------|------------|------------|------------|----------|---|
| QUADRO:                               | EB2.2                                  |              |                |               |       |                                  |            |            |            |          |   |
| PROJETO                               | TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUAS DO SÃO FRANCISCO |              |                |               |       |                                  |            |            |            |          |   |
| SISTEMA                               | ELEVATÓRIA EBI-2                       |              |                |               |       |                                  |            |            |            |          |   |
| <b>Curvas do sistema e das bombas</b> |                                        |              |                |               |       |                                  |            |            |            |          |   |
|                                       |                                        |              |                |               |       | <b>B O M B A S</b>               |            |            |            |          |   |
| <b>DADOS GERAIS</b>                   |                                        |              |                |               |       | <b>ITT A-C Pump</b>              |            |            |            |          |   |
|                                       |                                        |              |                |               |       | <b>114x78 WMCC-2estagios</b>     |            |            |            |          |   |
|                                       |                                        |              |                |               |       | <b>327 rpm rotor=</b>            |            |            |            |          |   |
|                                       |                                        |              |                |               |       | N. de bombas                     |            |            | 1          | 2        | 3 |
| Vazão (l/s)                           | 24760                                  |              |                |               |       |                                  |            |            |            |          |   |
| (m3/h)                                | 89136                                  |              |                |               |       |                                  |            |            |            |          |   |
| Perda de carga (m)                    | 3,644                                  | 3,644        | Normal/nominal |               |       | A0=                              | 4,565E-18  | 2,853E-19  | 5,636E-20  |          |   |
| Nível de sucção (max.e min.)          | 355,74                                 | 349,78       | 353,22         |               |       | A1=                              | -9,852E-13 | -1,231E-13 | -3,649E-14 |          |   |
| Nível de descarga (max. e min.)       | 409,44                                 | 405,1        | 408,32         |               |       | A2=                              | 4,995E-08  | 1,249E-08  | 5,550E-09  |          |   |
| Desnível geométrico (max. e min.)     | 59,66                                  | 49,36        | 55,1           |               |       | A3=                              | -1,441E-03 | -7,203E-04 | -4,802E-04 |          |   |
| Altura manométrica média (m)          | 58,15                                  | 58,744       |                |               |       |                                  |            | 93         |            |          |   |
|                                       |                                        |              |                |               |       | $H=A0*Q^4+A1*Q^3+A2*Q^2+A3*Q+A4$ |            |            |            |          |   |
| <b>CÁLCULO DAS CURVAS DO SISTEMA</b>  |                                        |              |                |               |       | Q= (m3/h): H= (m)                |            |            |            |          |   |
|                                       |                                        |              |                |               |       |                                  |            |            |            |          |   |
|                                       |                                        | <b>VAZÃO</b> |                | <b>Hf (m)</b> |       | <b>Hm (m)</b>                    |            |            |            |          |   |
|                                       |                                        | (m3/h)       | (l/s)          | min           | max   | min                              | max        | 1 bomba    | 2 bombas   | 3 bombas |   |
|                                       | 40.000                                 | 11.111       | 0.73           | 0.73          | 50.09 | 60.39                            | 63.93      | 77.01      |            |          |   |
|                                       | 50.000                                 | 13.889       | 1.15           | 1.15          | 50.51 | 60.81                            | 51.22      | 74.59      |            |          |   |
|                                       | 60.000                                 | 16.667       | 1.65           | 1.65          | 51.01 | 61.31                            | 32.74      | 71.83      | 77.01      |          |   |
|                                       | 70.000                                 | 19.444       | 2.25           | 2.25          | 51.61 | 61.91                            | 8.59       | 68.37      | 75.42      |          |   |
|                                       | 80.000                                 | 22.222       | 2.93           | 2.93          | 52.29 | 62.59                            |            | 63.93      | 73.73      |          |   |
|                                       | 90.000                                 | 25.000       | 3.71           | 3.71          | 53.07 | 63.37                            |            | 58.26      | 71.83      |          |   |
|                                       | 100.000                                | 27.778       | 4.59           | 4.59          | 53.95 | 64.25                            |            | 51.22      | 69.62      |          |   |
|                                       | 110.000                                | 30.556       | 5.55           | 5.55          | 54.91 | 65.21                            |            | 42.72      | 67.01      |          |   |
|                                       | 120.000                                | 33.333       | 6.60           | 6.60          | 55.96 | 66.26                            |            | 32.74      | 63.93      |          |   |
|                                       | 130.000                                | 36.111       | 7.75           | 7.75          | 57.11 | 67.41                            |            |            | 60.30      |          |   |
|                                       | 140.000                                | 38.889       | 8.99           | 8.99          | 58.35 | 68.65                            |            |            | 56.07      |          |   |
|                                       | 150.000                                | 41.667       | 10.32          | 10.32         | 59.68 | 69.98                            |            |            | 51.22      |          |   |
|                                       | 160.000                                | 44.444       | 11.74          | 11.74         | 61.10 | 71.40                            |            |            | 45.72      |          |   |
| Pontos notáveis:                      |                                        |              |                |               |       |                                  |            |            |            |          |   |
| Q max operando 1 bomba                | 50.444                                 | 14.012       | 1.17           | 1.17          | 50.53 |                                  | 50.53      |            |            |          |   |
| Q min operando 1 bomba                | 43.147                                 | 11.985       | 0.85           | 0.85          |       | 60.51                            | 60.51      |            |            |          |   |
| Q max operando 2 bombas               | 96.768                                 | 26.880       | 4.29           | 4.29          | 53.65 |                                  |            | 53.65      |            |          |   |
| Q min operando 2 bombas               | 82.252                                 | 22.848       | 3.10           | 3.10          |       | 62.76                            |            | 62.76      |            |          |   |
| Q max operando 3 bombas               | 135.989                                | 37.775       | 8,48           | 8,48          | 57,84 |                                  |            |            |            | 57,84    |   |
| Q min operando 3 bombas               | 114.538                                | 31.816       | 6,02           | 6,02          |       | 65,68                            |            |            |            | 65,68    |   |



Elevatória EBI-2  
CURVA DO SISTEMA E DAS BOMBAS



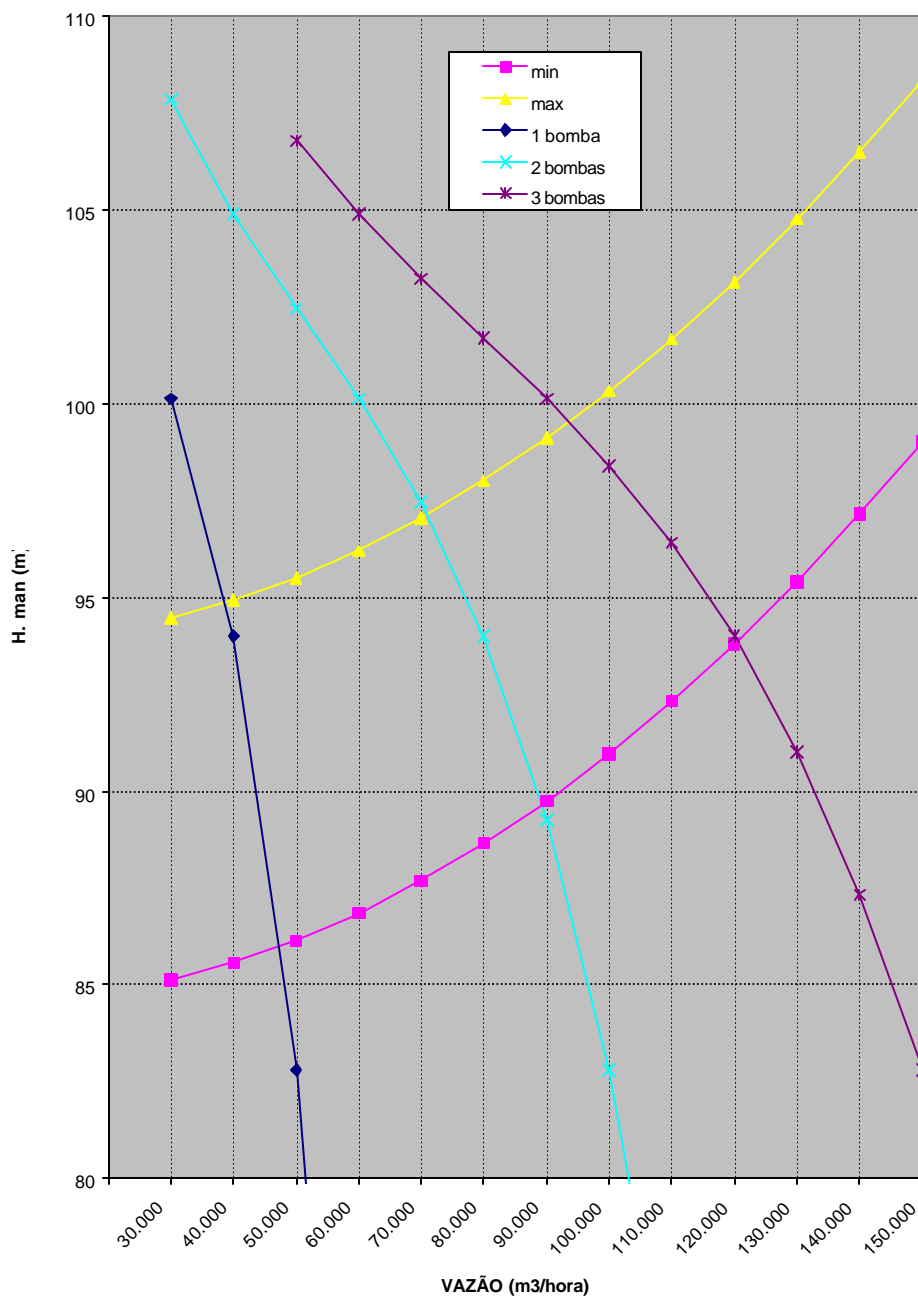
(\*) O Arranjo com 3 bombas não foi considerado como condição normal de operação da estação.

|                     |                                        |                |               |                   |
|---------------------|----------------------------------------|----------------|---------------|-------------------|
| RESUMO              |                                        |                |               |                   |
| PROJETO:            | TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUAS DO SÃO FRANCISCO |                |               |                   |
| SISTEMA:            | ELEVATÓRIA EBI-3                       |                |               |                   |
| Ponto nominal:      |                                        | Q:             | 11125         | l/s/bomba         |
|                     |                                        |                | 40050         | m <sup>3</sup> /h |
|                     |                                        | Hm:            | 93,676        | m                 |
| Dados:              |                                        |                |               |                   |
|                     | Pressão atmosférica:                   |                | 9,5           | m                 |
|                     | Pressão de vapor:                      |                | 0,25          | m                 |
|                     | Cota do eixo da bomba:                 |                | 397,67        |                   |
| FABRICANTE:         |                                        | ITT A-C Pump   |               |                   |
|                     |                                        | <b>710 rpm</b> | <b>rotor=</b> | <b>26"</b>        |
|                     | N de bombas                            | 1              | 2             | 3                 |
| c/desnível          | Qtot(m <sup>3</sup> /h)                | 38.875         | 71.039        | 93.605            |
| máximo              | Q/bomba(m <sup>3</sup> /h)             | 38.875         | 35.519        | 31.202            |
|                     | Q/bomba(l/s)                           | 10.799         | 9.866         | 8.667             |
|                     | Hm (m)                                 | 94,9           | 97,1          | 99,5              |
|                     | rendimento(%)                          | <b>86</b>      | <b>82</b>     | <b>76</b>         |
|                     | BHP total(CV)                          | 15.883         | 31.170        | 45.405            |
|                     | BHP/bomba(CV)                          | 15.883         | 15.585        | 15.135            |
|                     | (kW)                                   | 11.690         | 11.471        | 11.139            |
|                     | Cota na sucção                         | <b>401,16</b>  | <b>401,16</b> | <b>406,52</b>     |
| Perdas na sucção(m) |                                        | -              | -             | -                 |
|                     | NPSHd (m)                              | 12,74          | 12,74         | 18,10             |
|                     | NPSHr (m)                              | <b>12</b>      | <b>14</b>     | <b>18</b>         |
| c/desnível          | Qtot(m <sup>3</sup> /h)                | 47.713         | 89.278        | 120.469           |
| mínimo              | Q/bomba(m <sup>3</sup> /h)             | 47.713         | 44.639        | 40.156            |
|                     | Q/bomba(l/s)                           | 13.254         | 12.400        | 11.155            |
|                     | Hm (m)                                 | 86,0           | 89,7          | 93,9              |
|                     | rendimento(%)                          | <b>89</b>      | <b>89</b>     | <b>86</b>         |
|                     | BHP total(CV)                          | 17.077         | 33.314        | 48.703            |
|                     | BHP/bomba(CV)                          | 17.077         | 16.657        | 16.234            |
|                     | (kW)                                   | 12.568         | 12.259        | 11.949            |
|                     | Cota na sucção                         | <b>406,52</b>  | <b>406,52</b> | <b>406,52</b>     |
| Perdas na sucção(m) |                                        | -              | -             | -                 |
|                     | NPSHd (m)                              | 18,10          | 18,10         | 18,10             |
|                     | NPSHr (m)                              | <b>11</b>      | <b>11</b>     | <b>12</b>         |

| QUADRO:                                        | EB3.1                                  |          |       |       |            |                  |                  |       |               |            |
|------------------------------------------------|----------------------------------------|----------|-------|-------|------------|------------------|------------------|-------|---------------|------------|
| PROJETO                                        | TRANSPosição DE ÁGUAS DO SÃO FRANCISCO |          |       |       |            |                  |                  |       |               |            |
| SISTEMA                                        | ELEVATÓRIA EBI-3                       |          |       |       |            |                  |                  |       |               |            |
| <b>CALCULO DE SISTEMAS DE BOMBEAMENTO</b>      |                                        |          |       |       |            |                  |                  |       |               |            |
| <b>CÔMPUTO DE PERDAS DE CARGA LOCALIZADAS</b>  |                                        |          |       |       |            |                  |                  |       |               | <b>SUM</b> |
| DESCRIÇÃO                                      | QUAN.                                  | DIÂMETRO |       | VAZÃO | VELOCIDADE |                  | V2/2G            | K     | Hf            | Hf         |
|                                                |                                        | (mm)     |       | (l/s) | (m/s)      |                  | (m)              |       | (m)           | (m)        |
|                                                |                                        |          |       | 22250 |            |                  |                  |       |               |            |
| Redução                                        | 1                                      | 1850     | 1850  | 11125 | 4,1        | 4,1              | -                | 0,50  | -             | 3,3        |
| Curva a 45°                                    | 1                                      | 1850     |       | 11125 | 4,1        |                  | 0,87             | 0,20  | 0,17          |            |
| V.Retenção                                     | 1                                      | 1850     |       | 11125 | 4,1        |                  | 0,87             | 2,50  | 2,18          |            |
| V. Borboleta                                   | 1                                      | 1850     |       | 11125 | 4,1        |                  | 0,87             | 0,05  | 0,04          |            |
| Entr.a 45°c/ampl                               | 1                                      | 2900     |       | 22250 | 3,4        |                  | 0,58             | 1,00  | 0,58          |            |
| Curva a 30°                                    | 1                                      | 2900     |       | 22250 | 3,37       |                  | 0,58             | 0,20  | 0,12          |            |
| Ampliação                                      | 1                                      | 2900     | 3677  | 22250 | 3,4        | 2,1              | 0,08             | 0,50  | 0,04          |            |
| Curva do sifão                                 | 1                                      | 3677     |       | 22250 | 2,1        |                  | 0,22             | 0,20  | 0,04          |            |
| Ampliação                                      | 1                                      | 3677     | 5620  | 22250 | 2,1        | 0,9              | 0,07             | 0,50  | 0,04          |            |
| Saida                                          | 1                                      | 5620     |       | 22250 | 0,90       |                  | 0,04             | 1,00  | 0,04          |            |
| <b>CÔMPUTO DE PERDAS DE CARGA DISTRIBUIDAS</b> |                                        |          |       |       |            |                  |                  |       |               |            |
| DESCRIÇÃO                                      | OMPR.                                  | VAZÃO    | DIAM. | K     | ELOC.      | NoREYN           | "f"              | "j"   | Hf            |            |
|                                                | (m)                                    | (l/s)    | (mm)  | (mm)  | (m/s)      | x10 <sup>3</sup> | x10 <sup>2</sup> | n/100 | (m)           |            |
| Tubulação em aco car                           | 379                                    | 22250    | 2900  | 0,2   | 3,4        | 9.768,8          | 1,15             | 2,29  | 0,87          | 0,9        |
|                                                |                                        |          |       |       |            |                  |                  |       | <b>TOTAL:</b> | <b>4,1</b> |

|                                       |                                        |               |                |               |            |                                |            |                |                 |                 |   |
|---------------------------------------|----------------------------------------|---------------|----------------|---------------|------------|--------------------------------|------------|----------------|-----------------|-----------------|---|
| QUADRO:                               | EB3.2                                  |               |                |               |            |                                |            |                |                 |                 |   |
| PROJETO                               | TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUAS DO SÃO FRANCISCO |               |                |               |            |                                |            |                |                 |                 |   |
| SISTEMA                               | ELEVATÓRIA EBI-3                       |               |                |               |            |                                |            |                |                 |                 |   |
| <b>Curvas do sistema e das bombas</b> |                                        |               |                |               |            |                                |            |                |                 |                 |   |
|                                       |                                        |               |                |               |            | <b>B O M B A S</b>             |            |                |                 |                 |   |
| <b>DADOS GERAIS</b>                   |                                        |               |                |               |            | ITT A-C Pump                   |            |                |                 |                 |   |
|                                       |                                        |               |                |               |            | 114x78 WMCC-2estagios          |            |                |                 |                 |   |
|                                       |                                        |               |                |               |            | 327 rpm                        |            | rotor=         |                 |                 |   |
|                                       |                                        |               |                |               |            | N. de bombas                   |            |                | 1               | 2               | 3 |
| Vazão (l/s)                           | 22250                                  |               |                |               |            |                                |            |                |                 |                 |   |
| (m3/h)                                | 80100                                  |               |                |               |            | A0=                            | -1,046E-18 | -6,538E-20     | -1,291E-20      |                 |   |
| Perda de carga (m)                    | 4,126                                  | 4,126         | Normal/nominal |               |            | A1=                            | -4,741E-13 | -5,926E-14     | -1,756E-14      |                 |   |
| Nível de sucção (max.e min.)          | 406,52                                 | 401,16        | 404,45         |               |            | A2=                            | 4,163E-08  | 1,041E-08      | 4,625E-09       |                 |   |
| Nível de descarga (max. mir           | 495,06                                 | 491,06        | 494            |               |            | A3=                            | -1,590E-03 | -7,948E-04     | -5,299E-04      |                 |   |
| Desnível geométrico (max. e           | 93,9                                   | 84,54         | 89,55          |               |            | A4=                            | 124        | 124            | 124             |                 |   |
| Altura manométrica média (m           | 93,35                                  |               | 93,676         |               |            | H=A0*Q^4+A1*Q^3+A2*Q^2+A3*Q+A4 |            |                |                 |                 |   |
| <b>CÁLCULO DAS CURVAS DO SISTEMA</b>  |                                        |               |                |               |            | Q= (m3/h); H= (m)              |            |                |                 |                 |   |
|                                       |                                        | <b>VAZÃO</b>  |                | <b>Hf (m)</b> |            | <b>Hm (m)</b>                  |            |                |                 |                 |   |
|                                       |                                        | <b>(m3/h)</b> | <b>(l/s)</b>   | <b>min</b>    | <b>max</b> | <b>min</b>                     | <b>max</b> | <b>1 bomba</b> | <b>2 bombas</b> | <b>3 bombas</b> |   |
|                                       | 30.000                                 | 8.333         | 0.58           | 0.58          | 85.12      | 94.48                          | 100.13     | 107.87         |                 |                 |   |
|                                       | 40.000                                 | 11.111        | 1.03           | 1.03          | 85.57      | 94.93                          | 94.00      | 104.90         |                 |                 |   |
|                                       | 50.000                                 | 13.889        | 1.61           | 1.61          | 86.15      | 95.51                          | 82.79      | 102.46         | 106.79          |                 |   |
|                                       | 60.000                                 | 16.667        | 2.32           | 2.32          | 86.86      | 96.22                          | 62.52      | 100.13         | 104.90          |                 |   |
|                                       | 70.000                                 | 19.444        | 3.15           | 3.15          | 87.69      | 97.05                          | 28.97      | 97.46          | 103.24          |                 |   |
|                                       | 80.000                                 | 22.222        | 4.12           | 4.12          | 88.66      | 98.02                          |            | 94.00          | 101.69          |                 |   |
|                                       | 90.000                                 | 25.000        | 5.21           | 5.21          | 89.75      | 99.11                          |            | 89.27          | 100.13          |                 |   |
|                                       | 100.000                                | 27.778        | 6.43           | 6.43          | 90.97      | 100.33                         |            | 82.79          | 98.42           |                 |   |
|                                       | 110.000                                | 30.556        | 7.78           | 7.78          | 92.32      | 101.68                         |            | 74.05          | 96.42           |                 |   |
|                                       | 120.000                                | 33.333        | 9.26           | 9.26          | 93.80      | 103.16                         |            |                | 94.00           |                 |   |
|                                       | 130.000                                | 36.111        | 10.87          | 10.87         | 95.41      | 104.77                         |            |                | 91.02           |                 |   |
|                                       | 140.000                                | 38.889        | 12.61          | 12.61         | 97.15      | 106.51                         |            |                | 87.33           |                 |   |
|                                       | 150.000                                | 41.667        | 14.47          | 14.47         | 99.01      | 108.37                         |            |                | 82.79           |                 |   |
| Pontos notáveis:                      |                                        |               |                |               |            |                                |            |                |                 |                 |   |
| Q max operando 1 bomba                | 47.713                                 | 13.254        | 1.46           | 1.46          | 86.00      |                                | 86.00      |                |                 |                 |   |
| Q min operando 1 bomba                | 38.875                                 | 10.799        | 0.97           | 0.97          |            | 94.87                          | 94.87      |                |                 |                 |   |
| Q max operando 2 bombas               | 89.278                                 | 24.800        | 5.13           | 5.13          | 89.67      |                                |            | 89.67          |                 |                 |   |
| Q min operando 2 bombas               | 71.039                                 | 19.733        | 3.25           | 3.25          |            | 97.15                          |            | 97.15          |                 |                 |   |
| Q max operando 3 bombas               | 120.469                                | 33.464        | 9.33           | 9.33          | 93.87      |                                |            |                |                 | 93.87           |   |
| Q min operando 3 bombas               | 93.605                                 | 26.002        | 5.64           | 5.64          |            | 99.54                          |            |                |                 | 99.54           |   |

Elevatória EBI-3  
CURVA DO SISTEMA E DAS BOMBAS



(\*) O Arranjo com 3 bombas não foi considerado como condição normal de operação da estação.

**Determinação da equação de bombas**

**5 páginas**

---

**ANEXO III**  
**ANÁLISE HIDRÁULICA DO DIMENSIONAMENTO DOS**  
**SIFÕES NAS LINHAS DE DESCARGA**

---

## **1. INTRODUÇÃO**

Em cada linha de descarga das bombas, no projeto em epígrafe serão implantados sifões. A finalidade destes dispositivos deverá ser:

- a) Diminuir a altura manométrica das bombas uma vez que o nível de referência de chegada, após a escorva do sifão será a do canal de chegada.
- b) Evitar retorno de água do canal para o poço de bombeamento.
- c) Eliminar o equipamento pesado e dispendioso, sujeito à manutenção.

## **2. FUNDAMENTO HIDRÁULICO**

O funcionamento do sifão será conseguido após a escorva, isto é a eliminação do ar atmosférico dentro dele. Consiste num conduto hermeticamente fechado. Ele terá a capacidade de elevar água acima da linha piezométrica, desde que esta altura não supere a pressão atmosférica.

## **3. ESCORVA**

Como indicado anteriormente, é imprescindível a eliminação do ar do conduto. Esta eliminação poderá ser feita de duas formas:

- a) Mediante auto escorva, em que o próprio fluido atingindo velocidades e configuração adequada.
- b) Mediante equipamento auxiliar, permanentemente instalado, para indução de vácuo forçado.

Obviamente, é desejável se obter auto escorva e prescindir de equipamento auxiliar. Para tal, se fará mister um adequado dimensionamento.



#### 4. DIMENSIONAMENTO

Para funcionamento do sifão é necessário:

- a) Carga suficiente. Neste caso este requisito é facilmente atendido uma vez que se dispõe de bombas
- b) A capacidade máxima do sifão poderá ser calculada mediante a fórmula do vórtice livre, apresentado por [ 1].:

$$q = R_c \sqrt{0,7 h (2g) L n} \frac{R_s}{R_c}$$

Onde:

q = Vazão/ unidade de largura (m<sup>3</sup>/s/m)

R<sub>c</sub> = Raio interno (m)

R<sub>s</sub> = Raio externo (m)

g = 9,8 m/s<sup>2</sup>

h = Pressão barométrica local (m)

Para conseguir a auto escorva, além dos requisitos acima deverão ser atendidos os seguintes requisitos:

- a) No início de funcionamento, antes da escorva, a soleira do sifão operará como vertedor de soleira ampla. Portanto, a lâmina acima da soleira deverá ser igual ou maior que a altura do sifão.

$$q = KH^{3/2}$$

Onde:

$K$  = Coef de descarga = 1,5

$H$  = Altura acima da soleira (m)

- b) Na perna de descida, para conseguir arrasto do ar, a velocidade atual do fluido deverá ser maior do que a velocidade crítica de equilíbrio do ar. Para o cálculo da velocidade crítica, no presente estudo emprega-se a fórmula de Kent:

$$v_c = 1,32\sqrt{gD\text{sen } a}$$

Onde:

$v_c$  = Velocidade crítica (m/s)

$D$  = Diâmetro ou a altura do conduto (m)

$g$  = 9,81 m/s

$a$  = ângulo do tubo de descida com a horizontal

Nota: Velocidade crítica é definida como a velocidade de equilíbrio entre as forças de arrasto das bolhas para jusante, pelo fluxo do líquido e a velocidade de flutuação que tendem a fazer voltar as bolhas para montante.

Haverá arrasto de ar se a velocidade atual é maior que a velocidade crítica.

**5. CÁLCULOS EFETUADOS**

**5.1 SISTEMA EB-I/1**

O quadro seguinte apresenta a verificação hidráulica para o caso do dimensionamento primitivo e de dimensionamento alternativo.

| Cálculo do sifão     |                        |             |             |
|----------------------|------------------------|-------------|-------------|
|                      |                        | c/ escorva  |             |
| Dimensões            |                        | forçada     | autoescorva |
|                      | <b>Largura=</b>        | <b>2,95</b> | <b>2,70</b> |
|                      | Altura=                | 1,80        | 1,10        |
|                      | cota da soleira=       | 361,50      | 361,50      |
|                      | Raio interno Rc        | 7,70        | 7,70        |
|                      | Raio externo Rs        | 9,50        | 8,80        |
|                      | Raio médio Rcl         | 8,60        | 8,25        |
|                      | Rs/Rcl                 | 1,10        | 1,07        |
|                      |                        |             |             |
|                      | cota eixo sifão=       | 362,40      | 362,05      |
|                      | Área(m <sup>2</sup> )= | 5,31        | 2,97        |
|                      |                        |             |             |
|                      | Vazão de escorva=      | 11,51       | 11,51       |
|                      | Velocidade (m/s)=      | 2,17        | 3,87        |
| Operação sem escorva |                        |             |             |
|                      | k=                     | 1,60        | 1,50        |
|                      | h acima da crista (m)= | 1,81        | 2,01        |
| Arrasto de ar:       |                        |             |             |
|                      | ângulo alfa=           | 40,00       | 40,00       |
|                      | Velocidade crítica=    | 4,45        | 3,48        |
| Perda de carga:      |                        |             |             |
|                      | Cd =                   | 0,70        | 0,70        |
|                      |                        |             |             |
|                      | Som, K=                | 0,25        | 0,25        |
|                      | hf (m)=                | 0,06        | 0,19        |
|                      |                        |             |             |
| Bureau               | Q<                     | 28,84       | 16,42       |

Conclusão: Haverá autoescorva porém haverá ar no tubo de descida

5.2 SISTEMA EB-I/2

O quadro seguinte apresenta a verificação hidráulica para o caso do dimensionamento primitivo e de dimensionamento alternativo.

| Cálculo do sifão     |                        |                 |                 |          |            |
|----------------------|------------------------|-----------------|-----------------|----------|------------|
|                      |                        | Escorva forçada | Autoescorva     |          |            |
|                      |                        |                 | C/1 única bomba |          | c/2 bombas |
|                      |                        |                 | 1 bomba         | 2 bombas | 2 bombas   |
| <b>Dimensões</b>     | Largura=               | 4,37            | 3,20            | 3,20     | 4,37       |
|                      | altura=                | 2,43            | 1,00            | 1,00     | 1,20       |
|                      | cota da soleira=       | 409,70          | 409,70          | 409,70   | 409,70     |
|                      | Raio interno Rc        | 8,71            | 8,71            | 8,71     | 8,71       |
|                      | Raio externo Rs        | 11,13           | 11,13           | 11,13    | 11,13      |
|                      | Raio médio Rcl         | 9,92            | 9,92            | 9,92     | 9,92       |
|                      | Rs/Rcl                 | 1,12            | 1,12            | 1,12     | 1,12       |
|                      | cota eixo sifão=       | 410,92          | 410,20          | 410,20   | 410,30     |
|                      | Area(m2)=              | 10,62           | 3,20            | 3,20     | 5,24       |
|                      | Vazão de escorva=      | 11,99           | 11,75           | 22,38    | 22,38      |
|                      | Velocidade (m/s)=      | 1,13            | 3,67            | 6,99     | 4,27       |
| Operação sem escorva |                        |                 |                 |          |            |
|                      | k=                     | 1,60            | 1,60            | 1,60     | 1,60       |
|                      | h acima da crista (m)= | 1,43            | 1,74            | 2,67     | 2,17       |
| Arrasto de ar:       |                        |                 |                 |          |            |
|                      | Ângulo alfa=           | 43,00           | 43,00           | 43,00    | 43,00      |
|                      | Velocidade crítica=    | 5,32            | 3,41            | 3,41     | 3,74       |
| Perda de carga:      |                        |                 |                 |          |            |
|                      | Cd =                   | 0,70            | 0,70            | 0,70     | 0,70       |
|                      | Som, K=                | 0,25            | 0,25            | 0,25     | 0,25       |
|                      | hf (m)=                | 0,02            | 0,17            | 0,62     | 0,23       |
| Bureau               | Q<                     | 56,98           | 41,72           | 41,72    | 56,98      |

Conclusão: Na primeira seção não haverá autoescorva uma vez que a lâmina acima da crista é menor que a altura do sifão. Igualmente não haverá arrasto de ar no conduto de descida.

5.3 SISTEMA EB-I/3

O quadro seguinte apresenta a verificação hidráulica para o caso do dimensionamento primitivo e de dimensionamento alternativo.

| Cálculo do sifão     |                        |                 |                  |          |            |
|----------------------|------------------------|-----------------|------------------|----------|------------|
|                      |                        | Escorva Forçada | Autoescorva      |          |            |
|                      |                        |                 | C/ 1 única bomba |          | c/ 2bombas |
| Dimensões            |                        |                 | 1 bomba          | 2 bombas | 2 bombas   |
|                      | Largura=               | 4,37            | 2,80             | 2,80     | 4,37       |
|                      | altura=                | 2,43            | 1,00             | 1,00     | 1,10       |
|                      | cota da soleira=       | 495,30          | 409,70           | 409,70   | 409,70     |
|                      | Raio interno Rc        | 8,71            | 8,71             | 8,71     | 8,71       |
|                      | Raio externo Rs        | 11,13           | 11,13            | 11,13    | 11,13      |
|                      | Raio médio Rcl         | 9,92            | 9,92             | 9,92     | 9,92       |
|                      | Rs/Rcl                 | 1,12            | 1,12             | 1,12     | 1,12       |
|                      |                        |                 |                  |          |            |
|                      | cota eixo sifão=       | 496,52          | 410,20           | 410,20   | 410,25     |
|                      | Área(m2)=              | 10,62           | 2,80             | 2,80     | 4,81       |
|                      |                        |                 |                  |          |            |
|                      | Vazão de escorva=      | 10,80           | 10,49            | 19,11    | 19,11      |
|                      | Velocidade (m/s)=      | 1,02            | 3,74             | 6,83     | 3,98       |
| Operação sem escorva |                        |                 |                  |          |            |
|                      | k=                     | 1,60            | 1,60             | 1,60     | 1,60       |
|                      | h acima da crista (m)= | 1,34            | 1,76             | 2,63     | 1,95       |
| Arrasto de ar:       |                        |                 |                  |          |            |
|                      | Ângulo alfa=           | 43,00           | 43,00            | 43,00    | 43,00      |
|                      | Velocidade crítica=    | 5,32            | 3,41             | 3,41     | 3,58       |
| Perda de carga:      |                        |                 |                  |          |            |
|                      | Cd =                   | 0,70            | 0,70             | 0,70     | 0,70       |
|                      |                        |                 |                  |          |            |
|                      | Som, K=                | 0,25            | 0,25             | 0,25     | 0,25       |
|                      | hf (m)=                | 0,01            | 0,18             | 0,59     | 0,20       |
|                      |                        |                 |                  |          |            |
| Bureau               | Q<                     | 56,98           | 36,51            | 36,51    | 56,98      |

Conclusão: Na primeira secção não haverá autoescorva uma vez que a lâmina acima da crista é menor que a altura do sifão. Igualmente não haverá arrasto de ar no conduto de descida.

## **6. CONCLUSÃO**

- a) O dimensionamento primitivo dos sifões não é propício para autoescorva.
- b) Para conseguir a escorva, foram adotadas as dimensões indicadas nos quadros apresentados.
- c) No caso dos sistemas EB-I/2 e EB-I/3, onde cada linha ou cada sifão servirá aleatoriamente a uma ou duas bombas, a fim de lograr autoescorva para operação com uma única bomba as dimensões do sifão resultaram reduzidas para operação com duas bombas, propiciando excessivas perdas de carga. Por este motivo é recomendável, nestes casos utilizar equipamento auxiliar de vácuo para escorva forçada.
- d) Ainda no caso dos sistemas EB-I/2 e EB-I/3, considerando que a operação de uma única bomba com uma linha será esporádica, a autoescorva poderá ser conseguida apenas com 2 bombas com as dimensões apresentadas na última coluna dos quadros de dimensionamento. A operação com uma única bomba, entretanto, com estas dimensões de sifão exigirá escorva forçada

## **7. DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE VÁCUO**

Na hipótese de se optar pela implantação de sistema de vácuo, apresenta-se a figura 7.1 e a tabela de dimensionamento deste sistema.

As válvulas V1, V2 e V3 são atuadas automaticamente mediante intertravamento com o(s) motor(es) da(s) bomba(s) principal(is) associadas ao sifão da seguinte forma.

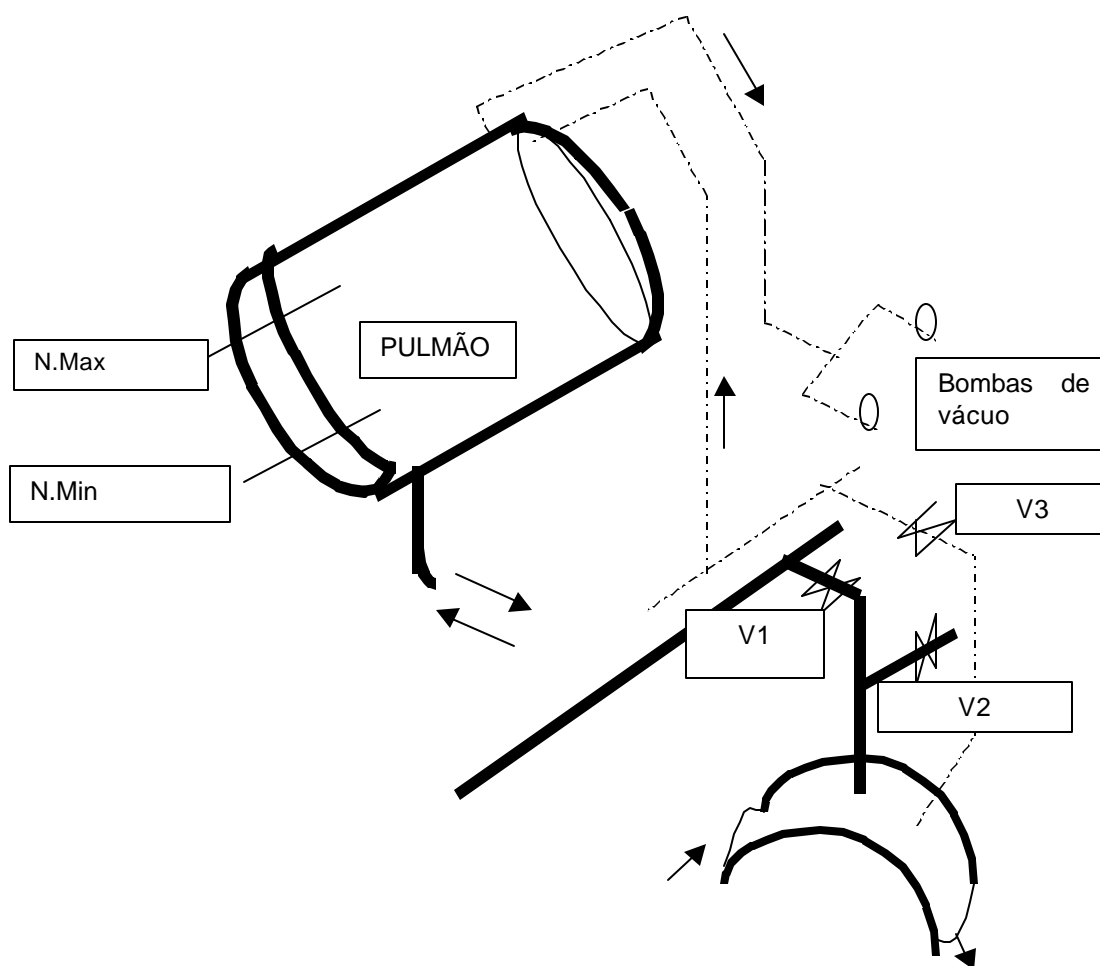
Válvula V1, com 500 mm de diâmetro abrirá automaticamente quando 1 ou as 2 bombas associadas entrem em funcionamento, permitindo a passagem de água do pulmão para o sifão. Ela deverá fechar quando não exista alimentação (nenhuma bomba associada operando).

Válvula V2, quebra vácuo, com 500 mm de diâmetro fechará automaticamente quando 1 ou as 2 bombas associadas entrem em funcionamento, suprimindo a

ventilação do sifão. Ela deverá abrir quando não exista alimentação (nenhuma bomba associada operando).

Válvula V3, com 75 mm de diâmetro abrirá automaticamente quando 1 ou as 2 bombas associadas entrem em funcionamento, permitindo a passagem de ar do sifão para o pulmão. Ela deverá fechar quando não exista alimentação (nenhuma bomba associada operando).

FIGURA 7.1 - CONJUNTO DE VÁCUO PARA ESCORVA DE SOFÕES



| <b>CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA DE VÁCUO</b> |               |               |               |
|--------------------------------------------|---------------|---------------|---------------|
|                                            | <b>EB-I/1</b> | <b>EB-I/2</b> | <b>EB-I/3</b> |
| N.max                                      | 365,00        | 414,23        | 499,83        |
| N.min                                      | 364,00        | 412,83        | 498,43        |
| Cota do sifão                              |               |               |               |
| Topo                                       | 363,30        | 412,13        | 497,73        |
| soleira                                    | 361,50        | 409,70        | 495,30        |
| Cota N.A saída                             |               |               |               |
| mínima                                     | 356,75        | 405,10        | 491,06        |
| máxima                                     | 361,31        | 409,44        | 495,06        |
| Volume a escorvar (m3)                     | 30,00         | 50,00         | 50,00         |
| Dimensões pulmão: Tq horizontal            |               |               |               |
| diâmetro (m)                               | 1,80          | 2,20          | 2,20          |
| freboard (m)                               | 0,40          | 0,40          | 0,40          |
| Lâmina mínima (m)                          | 0,40          | 0,40          | 0,40          |
| comprimento útil (m)                       | 12,00         | 18,00         | 18,00         |
| Volume de água máximo(m3)                  | 25,48         | 59,93         | 59,93         |
| Volume de água mínimo (m3)                 | 5,05          | 8,50          | 8,50          |
| Volume útil = V1-V2 (m3)_                  | 20,43         | 51,43         | 51,43         |
| Volume total (m3)                          | 30,54         | 68,42         | 68,42         |
| Máxima pressão negativa (m)                | 8,25          | 9,13          | 8,77          |
| Diâmetro de tubulaçã de água (mm)          | 500           | 500           | 500           |
| Diâmetro de tubulaçã retorno de ar (mm)    | 75            | 75            | 75            |

## **8. EQUIPAMENTO**

- Vaso de pressão (pulmão de vácuo) : vide folhas de dados anexas.
- 2 (duas) bombas de vácuo, sendo uma de reserva, cada uma das seguintes características:
  - Vácuo ..... 1 bar negativo
  - Capacidade .....220 l/ min
  - Operação automática com níveis máximo e mínimo do pulmão
- tubulação para interligações
- instrumentação



## BIBLIOGRAFIA

- 1) BUREAU OF RECLAMATION “ Design of Small Canal Structures” , U.S. Departament of the interior – 1983
- 2) CHOW V.T “Open-Channel Hydraulics” , McGraw Hill Book Companh Inc.

---

**ANEXO IV**  
**MEMÓRIAS DE CÁLCULO DE DIMENSIONAMENTO**  
**DOS CONDUTOS DE RECALQUE E ESTIMATIVA DE**  
**POTÊNCIA DAS BOMBAS**

---

**1. OBJETIVO**

O objetivo deste documento é apresentar as memórias de cálculo de dimensionamentos dos condutos de recalque e dimensionamento dos potenciais de conjuntos moto-bombas componentes, das Estações de Bombeamento EB-I/1, EB-I/2 E EB-I/3, pertencentes no Trecho I do Eixo Norte.

**2. CONSIDERAÇÕES DE CÁLCULO**

A seguir são apresentados os critérios e cálculo efetuados para o dimensionamento dos sistemas:

**2.1 CONDUTOS DE RECALQUE**

a) Velocidade de escoamento

No presente estudo, foi considerado para a vazão nominal, uma velocidade limite de escoamento pelos condutos de recalque da ordem de 3 a 3,5 m/s:

- EB-I/1 .....  $\frac{12,4 \times 4}{\pi \cdot 2,3^2} \cong 2,98 \text{ m/s}$

- EB-I/2 .....  $\frac{12,4 \times 2 \times 4}{\pi \times 3,0^2} \cong 3,5 \text{ m/s}$

- EB-I/3 .....  $\frac{11,125 \times 2 \times 4}{\pi \times 2,9^2} \cong 3,37 \text{ m/s}$

b) Diâmetro, espessura e estimativa de peso dos condutos

Para a determinação do cálculo do diâmetro levaram-se em consideração os seguintes elementos:

- Custo dos condutos
- Custo da energia atualizada
- Custo da potência instalada

Cálculo da espessura:

$$e = \frac{H \cdot D}{2 \cdot \sigma_{adm} \cdot Kf} + c$$

D = Diâmetro (cm)

H = queda total (m)

$\sigma_{adm} = 1.400 \text{ kgf/cm}^2$

Kf = 0,9

c = sobre espessura = 1 mm

**b1) EB-I/1**

$$e = \frac{35,52 \times 1,30 \times 230}{2 \times 1.400 \times 0,9} + 1$$

$e \cong 5,21 \text{ mm}$

*NBR 10132 - espessura mínima para manuseio e transporte.*

$$e_{\min} = \frac{D + 500}{400}$$

$e_{\min} \geq 6 \text{ mm}$

$$e_{\min} = \frac{2.300 + 500}{400} \cong 7,0 \text{ mm}$$

$e_{\text{ adotado}} = 9,5 \text{ mm (3/8")}$

Peso estimado do conduto:

$$109 \times \frac{\pi \times 2,3 \times 9,5}{1.000} \times 7.850 \cong 58,74 \text{ t}$$

Obs.: Serão instalados 9 condutos.

*Diâmetro Econômico:*

- Número de horas de um mês médio (h) .....730
- Número de horas de um mês na ponta (hp) ..... 60
- Tarifa de energia na ponta (TEP) .....US\$/kwh = 0,036 ou  
1,77 x 0,036 = 0,064 R\$/kwh
- Tarifa de energia fora da ponta (TEFP).....US\$/kwh = 0,026 ou  
1,77 x 0,026 = 0,046 R\$/kwh
- Tarifa de demanda na ponta (TDP)..... US\$/kwmês = 6,4  
ou 1,77 x 6,4 = 11,33 R\$ / kwmês
- Tarifa da demanda fora da ponta (TDFP).....US\$ / kwmês = 1,47  
ou 1,77 x 1,47 = 2,602 R\$/kwmês
- Taxa de juros.....12%
- Vida útil .....30 anos

ABNT NBR-10132

$$D^7 = \frac{40 I}{gr\pi^3} \times \frac{bs \cdot Q^2}{aP}$$

$$I^{-1/2} = 1,8 \log \frac{Re}{Re \frac{e}{10.D} + 7}$$

$$I \cong 0,013$$

$$\varepsilon \cong 0,03 \text{ (pintura aplicada a frio)}$$

$$b = \frac{Q \times H \times g \times 10^3}{h} \times 640 = \frac{12,4 \times 1 \times 9,81}{0,86} \times 640 \times \frac{1}{0,1241}$$

$$b \cong (12) 0,026 \times \frac{1.000 \times 719.458}{1.000} \cong 227.591 \text{ US\$ / ano}$$

$$D^7 = \frac{(40) \times (0,013) \times (227.591) \times (1.400) \times (12,4)^2}{(9,81) \times (7.850) \times (. \Pi^3) \times (4,6) \times (3,0)}$$

$$D^7 \cong 773,15 \Rightarrow D \cong 2,58 \text{ m}$$

SARKARIA:

$$D = 0,62 \frac{P^{0,43}}{H^{0,65}}$$

$$D = 0,62 \frac{(6.705)^{0,43}}{46^{0,65}} \cong 2,27 \text{ m}$$

DOLAND:

$$D = 0,176 \left( \frac{P}{H} \right)^{0,466}$$

$$D = 0,176 \left( \frac{6.705}{46} \right)^{0,466} \cong 1,80 \text{ m}$$

BONDSHU:

$$D = 127 \sqrt[7]{\frac{Q^3}{H}} = 127 \sqrt[7]{\frac{12,4^3}{46}}$$

$$\cong 216,21 \cong 2,16 \text{ m}$$

DIÂMETRO ADOTADO:

$$\text{EBI/1} \text{ — } D = 2,3 \text{ m}$$

**b2) EBI/2**

Espessura da chapa:

$$e \cong \frac{55,10 \times 1,30 \times 300}{2 \times 1.400 \times 0,9} + 1$$

$$e \cong 9,5 \text{ mm}$$

*NBR 10.132 - Espessura mínima para manuseio e transporte*

$$e_{\min} = \frac{D + 500}{400}$$

$$e_{\min} \geq 6 \text{ mm}$$

$$e_{\min} = \frac{3.000 + 500}{400} \cong 8,75 \text{ mm}$$

$$e_{\text{adotado}} = 11,5 \text{ mm (7/16")}$$

Peso estimado do conduto:

$$\frac{268 \times \Pi \times 3,0 \times 11,5}{1.000} \times 7.850 \cong 228 \text{ t}$$

Obs.: Serão instalados 4 condutos, sendo cada conduto adequado para conduzir a vazão de Z conjuntos – moto-bombas e de maneira que qualquer um dos 9 conjuntos possam servir como unidade de reserva.

Diâmetro econômico:

(ABNT NBR 10.132)

$$D^7 = \frac{40 I}{g u \Pi^3} \times \frac{b s \times Q^2}{a P}$$

/

$$e \cong 0,03$$



$$I^{-1/2} = 1,8 \log \frac{\text{Re}}{\text{Re} \cdot \frac{e}{10 \cdot D} + 7}$$

$$I = 0,0125$$

$$b = \frac{12,4 \times 2,1 \times 9,81}{0,86} \times 640 \times \frac{1}{0,1241} \times 12 \times 0,026 = 455.182 \text{ US\$ ano}$$

$$D^7 = \frac{40 \times 0,0125 \times 455 \times 182 \times 1.400 \times (24,8)^2}{9,81 \times 7.850 \times \Pi^3 \times 7,2 \times 3}$$

$$D \cong 3,25 \text{ m}$$

SARKARIA:

$$D = 0,62 \frac{(10 \cdot 720 \times 2)^{0,43}}{72^{0,65}} \cong 2,80 \text{ m}$$

DOLAND:

$$D = 0,176 \left( \frac{10 \cdot 720 \times 2}{72} \right)^{0,466} \cong 2,50 \text{ m}$$

BONDSHU:

$$D = 127 \sqrt[3]{\frac{24,8^3}{72}} = 273 \text{ cm} \cong 2,73 \text{ m}$$

Diâmetro Adotado:

$$\text{EB-I/2} \text{ — } D = 3,0 \text{ m}$$

### b3) EB-I/3

Espessura da chapa:

$$e = \frac{89,55 \cdot 1,30 \cdot 290}{2 \cdot 1.400 \cdot 0,9} + 1$$

$$e \cong 14,4 \text{ mm}$$

NBR 10.132 - *Espessura mínima para manuseio e transporte*

$$e_{\min} = \frac{D + 500}{400}$$

$$e_{\min} \geq 6 \text{ mm}$$

$$e_{\min} = \frac{2.900 + 500}{400} \cong 8,50 \text{ mm}$$

e adotado  $\cong 16 \text{ mm}$  ( $\cong 5/8''$ )

Peso estimado do conduto

$$\frac{419,40 \cdot \Pi \cdot 29,16}{1.000} \times 7.850 \cong 480 \text{ t}$$

Obs.: Serão instalados 4 condutos, sendo cada conduto adequado para conduzir a vazão de Z conjuntos – moto-bombas e de maneira que qualquer um dos 9 conjuntos possam servir como unidade de reserva.

Diâmetro econômico:

(ABNT NBR 10.132)

$$D^7 = \frac{40I}{g\rho\Pi^3} \cdot \frac{bs \cdot Q^2}{aP}$$

$$e \cong 0,03$$

$$I \cong 0,0126$$

$$b = \frac{11,125 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 9,81}{0,86} \cdot 640 \cdot \frac{1}{0,1241} \cdot 12 \cdot 0,026 = 408.379 \text{ US\$/ano}$$

$$D^7 = \frac{40 \cdot 0,0126 \cdot (408.379) \cdot 1.400 (22,25)^2}{9,81 \cdot 7.850 \cdot \Pi^3 \cdot 11,6 \cdot 3}$$

$$D \cong 2,90 \text{ m}$$

SARKARIA:

$$D = 0,62 \frac{(10 \cdot 720 \times 2)^{0,43}}{(115)^{0,65}} \cong 2,53 \text{ m}$$

DOLAND:

$$D = 0,176 \left( \frac{17.100 \times 2}{115} \right)^{0,466} \cong 2,50 \text{ m}$$

BONDSHU:

$$D = 127 \sqrt[7]{\frac{22,25^3}{115}} = 2,44 \text{ m}$$

Diâmetro Adotado:

$$D = 2,90 \text{ m}$$

## 2.2 POTÊNCIA DAS BOMBAS

### a) EB-I/1

- Altura geométrica normal de recalque .....35,52 m
- Perda de carga, vide anexo II..... $\Delta H \cong 1,48$
- Altura manométrica total..... $H_{\text{man}} = 37 \text{ m}$
- Potência consumida pelas bombas da estação EB-I/1

$$P = \frac{gQh}{h_b}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$Q = 43.100 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H = 37 \text{ m}$$

$$\eta_b = 0,90$$

$$P = 4.829 \text{ kW}$$

### b) EB-I/2

- Altura geométrica normal de recalque .....55,10 m
- Perda de carga, vide anexo II.....  $\Delta H = 7,4 \text{ m}$
- Altura manométrica total.....  $H_{\text{man}} = 62,5 \text{ m}$
- Potência consumida pelas bombas da estação EB-I/2

$$P = \frac{gQh}{h_b}$$

$$P = 7.664 \text{ kW}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$Q = 40.500 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H = 62,5 \text{ m}$$

$$\eta_b = 0,90$$

**c) EB-I/3**

- Altura geométrica normal de recalque .....89,55 m
- Perda de carga, vide anexo II..... $\Delta H = 7,45 \text{ m}$
- Altura manométrica total ..... $H_{\text{man}} = 97 \text{ m}$
- Potência consumida pelas bombas da estação EB-I/3

$$P = \frac{gQh}{h_b}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$Q = 36.000 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H = 97 \text{ m}$$

$$\eta_b = 0,90$$

$$P = 10.573 \text{ kW}$$