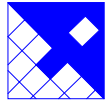




**MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL
SECRETARIA DE INFRA-ESTRUTURA HÍDRICA**



INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais



FUNCATE - Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais



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

**TRECHO V – EIXO LESTE
R4 – ESTAÇÕES DE BOMBEAMENTO**



FUNCATE - Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais

**TRECHO V – EIXO LESTE
R4 – ESTAÇÕES DE BOMBEAMENTO**

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

Coordenador Geral: João Urbano Cagnin

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Diretor Interino: Volker W. J. H. Kirchhoff

FUNCATE – Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais

Gerente: José Armando Varão Monteiro

Coordenador Técnico: Antônio Carlos de Almeida Vidon

Coordenador Técnico Adjunto: Ricardo Antônio Abrahão

Brasília, março de 2001

Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais - FUNCATE

Projeto de Transposição de Águas do Rio São Francisco para o Nordeste Setentrional; Trecho V – Eixo Leste – R4 – Estações de Bombeamento. – São José dos Campos: Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais – FUNCATE, 2000.
31 p

1. Transposição de Águas, Estações de Bombeamento
- I. Trecho V – Eixo Leste – R4 – Estações de Bombeamento

CDU 556.5:627.534

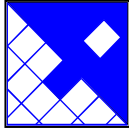
FUNCATE:

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



FUNCATE

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

| | |
|-------------------------------------|------|
| Projeto | Data |
| Verificação | Data |
| Aprovação | Data |
| Aprovação | Data |
| Código FUNCATE EN.B/V.RF.GR.0004 | Data |

| Rev. | Data | Folha | Descrição | Aprovação | FUNCATE | |
|------|------|-------|-----------|-----------|---------|-----------|
| | | | | | Data | Aprovação |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

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

**TRECHO V - EIXO LESTE
R4 - ESTAÇÕES DE BOMBEAMENTO**

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

Equipe

José Armando Varão Monteiro: Gerente

Antônio Carlos de Almeida Vidon: Coordenador Técnico

Ricardo Antônio Abrahão: Coordenador Técnico Adjunto

Akira Ussami: Chefe da Equipe de Geotecnia:

*Geverson Luiz Machado – Engenheiro Civil
Gislaine Terezinha de Matos – Engenheira Civil
Newton Bitencourt Santos – Engenheiro Civil*

Nobutugu Kaji: Chefe da Equipe de Geologia:

*Aloysio Accioly de Senna Filho – Geólogo
Fábio Canzian – Geólogo
José Frederico Büll – Geólogo
Wilson Roberto Mori – Geólogo
Fernando Bispo de Jesus – Técnico de Campo
José Antonio Santos Subrinho – Técnico de Campo*

José Carlos Mazzo: Chefe da Equipe de Hidráulica:

*Anibal Young Eléspuru – Engenheiro Civil
Rafael Guedes Valença – Engenheiro Civil*

José Carlos Degaspere: Chefe da Equipe de Estrutura

José Ricardo Junqueira do Val: Chefe da Equipe de Orçamento e Planejamento

*Roberto Lira de Paula – Engenheiro Civil
José Luiz Barbosa Vianna – Tecnólogo em Obras Cíveis*

Ricardo Carone: Chefe da Equipe de Engenharia Mecânica

Bernd Dieter Lukas – Engenheiro Mecânico

Sidnei Collange: Chefe da Equipe de Engenharia Elétrica

Coaraci Inajá Ribeiro – Engenheiro Eletricista

Sandra Schaaf Benfica: Chefe da Equipe de Produção

*Aleksander Szulc – Projetista
Antonio Muniz Neto – Projetista
Carla Costa R. Pizzo Atvars – Projetista
Florencio Ortiz Martinez – Projetista
João Luiz Bosso – Projetista
Leandro Eboli – Projetista
Rubens Crepaldi – Projetista
Mônica de Lourdes Sampaio – Auxiliar Técnica*

Infra Estrutura e Apoio

*Ana Julia Cristofani Belli – Secretária
Maria Luiza Chiarello Miragaia – Secretária
Célia Regina Pandolphi Pereira – Assistente Adm. Especializada
Carlos Roberto Leite Marques – Assistente Administrativo
Laryssa Lillian Lopes – Técnica em Geoprocessamento
Henrique de Brito Farias – Técnico de Informática
Jacqueline Oliveira de Souza – Auxiliar Administrativo
Marcelo Pereira Almeida – Auxiliar Administrativo
Priscila Pastore M. dos Santos – Auxiliar Administrativo
Juliano Augusto do Rosário – Mensageiro
Maria Aparecida de Souza – Servente*

Consultores

*Francisco Gladston Holanda
Luiz Antonio Villaça de Garcia
Luiz Ferreira Vaz
Nick Barton*



APRESENTAÇÃO

O presente documento se constitui no Relatório R4 – ESTAÇÕES DE BOMBEAMENTO, parte integrante do **Projeto Básico do Trecho V – Eixo Leste**, referente ao PROJETO DE TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO PARA O NORDESTE SETENTRIONAL, elaborado pela FUNCATE através do contrato INPE/FUNCATE nº 01.06.094.0/99.

O Projeto de Transposição está sendo desenvolvido com base no Convênio nº 06/97-MPO/SEPPE celebrado entre o MINISTÉRIO DE INTEGRAÇÃO NACIONAL-MI e o MINISTÉRIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA-MCT e seu INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS-INPE.

O **Projeto Básico do Trecho V – Eixo Leste** compõe-se dos seguintes relatórios:

- R1 Descrição do Projeto
- R2 Critérios de Projeto
- R3 Sistemas de Captação no Reservatório da UHE Itaparica
- R4 Estações de Bombeamento
- R5 Sistema Adutor – Canais, Aquedutos, Tomadas de Usos Difusos, Túnel, Estruturas de Controle
- R6 Barragens e Vertedouros
- R7 Sistema de Drenagem
- R8 Bases Cartográficas
- R9 Geologia e Geotecnia
- R10 Estudos Hidrológicos
- R11 Sistemas de Supervisão, Controle e Telecomunicações
- R12 Modelo Hidrodinâmico e Esquema Operacional
- R13 Sistema Elétrico
- R14 Canteiros e Sistema Viário
- R15 Cronograma e Orçamentos
- R16 Caderno de Desenhos
- R17 Dossiê de Licitação
- R18 Memoriais de Cálculo



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

| ÍNDICE | PG. |
|---|-----------|
| 1 . OBJETO E OBJETIVO..... | 1 |
| 2 . ESTAÇÕES DE BOMBEAMENTO..... | 1 |
| 2.1 Aspectos Hidráulicos..... | 1 |
| 2.2 Aspectos Geológicos..... | 1 |
| 2.2.1 EBV-1 | 2 |
| 2.2.2 EBV-2 | 2 |
| 2.2.3 EBV-3 | 3 |
| 2.2.4 EBV-4 | 3 |
| 2.2.5 EBV-5 | 4 |
| 2.2.6 EBV-6 | 5 |
| 2.3 Aspectos Geotécnicos..... | 5 |
| 3 . TOMADA D'ÁGUA | 8 |
| 3.1 Características Gerais | 8 |
| 3.2 Equipamentos Mecânicos da Tomada d'Água..... | 10 |
| 3.2.1 Grades | 10 |
| 3.2.2 Comporta Ensecadeira..... | 10 |
| 3.2.3 Pórtico Rolante..... | 10 |
| 4 . CASA DE BOMBAS | 11 |
| 4.1 Características Gerais | 11 |
| 4.2 Transitórios Hidráulicos | 14 |
| 4.3 Equipamentos Mecânicos da Casa de Bombas..... | 14 |
| 4.3.1 Bombas Hidráulicas | 14 |
| 4.3.2 Ponte Rolante | 18 |
| 4.3.3 Sistema de Água de Drenagem, Esvaziamento e Enchimento..... | 18 |
| 4.3.4 Serviço de Ar Comprimido de Serviços Gerais..... | 18 |
| 4.3.5 Sistema de Água de Serviço e de Água Potável | 18 |
| 4.3.6 Sistema de Esgoto Sanitário | 18 |
| 4.3.7 Sistema de Medições Hidráulicas..... | 19 |
| 4.3.8 Sistema de Ventilação..... | 19 |
| 4.3.9 Sistema de Ar Condicionado | 19 |
| 4.3.10 Sistema de Tratamento de Óleo..... | 19 |
| 4.3.11 Sistema Antiincêndio..... | 19 |
| 4.4 Equipamentos Elétricos da Estação de Bombeamento | 19 |
| 4.4.1 Subestações Abaixadoras 230-6,9 kV..... | 19 |
| 4.4.2 Motores Elétricos e Equipamentos Associados..... | 20 |
| 4.4.3 Sistema de Distribuição de Média Tensão | 21 |
| 4.4.4 Sistemas de Partidas dos Conjuntos de Motores | 22 |
| 4.4.5 Sistema de Serviços Auxiliares de Corrente Alternada..... | 22 |
| 4.4.6 Sistema de Serviços Auxiliares de Corrente Contínua | 23 |
| 4.4.7 Sistema de Iluminação e Tomadas | 23 |
| 4.4.8 Sistema de Vias de Cabos | 24 |
| 4.4.9 Sistema de Fiação | 24 |
| 4.4.10 Sistema de Aterramento..... | 25 |
| 4.4.11 Sistema de Proteção Atmosférica | 25 |
| 4.5 Equipamentos de Comando e Controle da Estação de Bombeamento | 25 |
| 4.5.1 Estrutura Hierárquica do Sistema..... | 26 |
| 4.6 Equipamentos de Telecomunicação..... | 27 |



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

| | |
|---|-----------|
| 4.6.1 Sistema de Telefonia..... | 27 |
| 4.6.2 Sistema de Transmissão | 27 |
| 4.6.3 Sistema de Radiocomunicação | 28 |
| 5 . CONDUTOS FORÇADOS | 28 |
| 6 . ESTRUTURA DE DESÁGÜE..... | 29 |



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

1 . OBJETO E OBJETIVO

O objeto deste relatório é o Projeto da Transposição de Águas do Rio São Francisco Para o Nordeste Setentrional, Trecho V– Eixo Leste.

Seu objetivo é apresentar as Estações de Bombeamento que compõem o trecho em pauta, apresentando seus principais elementos de projeto.

2 . ESTAÇÕES DE BOMBEAMENTO

No Trecho V– Eixo Leste foram dimensionadas 6 estações de bombeamento , das quais quatro para recalcar 28,0m³/s e duas para recalcar 18,0m³/s, cujas características principais, estão apresentadas a seguir:

| Estação | Nível d'água normal (m) | | Altura geométrica (m) | Vazão total m ³ /s | Potência Operacional total (kW) |
|---------|-------------------------|---------|-----------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| | Montante | Jusante | | | |
| EBV-1 | 304,00 | 362,10 | 58,10 | 28 | 19.478,0 |
| EBV-2 | 361,30 | 401,00 | 39,70 | 28 | 13.600,8 |
| EBV-3 | 399,64 | 459,50 | 59,86 | 28 | 20.040,0 |
| EBV-4 | 454,17 | 509,83 | 55,66 | 28 | 18.698,4 |
| EBV-5 | 503,83 | 541,00 | 37,17 | 18 | 8.188,4 |
| EBV-6 | 540,55 | 598,87 | 58,32 | 18 | 12.540,0 |

2.1 Aspectos Hidráulicos

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 com a finalidade de reduzir as oscilações de níveis d'água principalmente nas partidas e paradas das bombas.

Para a vazão de 28 m³/s os *forebays* de montante e de jusante apresentam as seguintes dimensões, incluindo-se as transições entre o canal e o *forebay*:

- comprimento 198,57 m;
- largura 34,0 m;

Para a vazão de 18,0 m³/s os *forebays* de montante e de jusante apresentam as seguintes dimensões, incluindo-se as transições entre o canal e o *forebay*:

- comprimento 153,39 m;
- largura 28,0 m;

2.2 Aspectos Geológicos

A seguir apresentam-se, de forma resumida, as condições geológicas dos sítios das Estações de Bombeamento, apresentadas com mais detalhe no R9.



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

2.2.1 EBV-1

A Estação de Bombeamento EBV-1 está situada entre as estacas 5+ 665 e 6 + 282, na área de domínio das rochas sedimentares da Bacia Jatobá, tendo sido observado no levantamento geológico a presença de blocos decimétricos de rocha, esparsos na superfície.

Uma sondagem executada a partir da cota 329,40, com 30m de profundidade, interceptou exclusivamente o conglomerado constituído por blocos centimétricos e decimétricos de gnaiss e de granito envoltos em matriz silto-arenosa, cuja caracterização foi prejudicada pela dificuldade de recuperação das amostras. Excepcionalmente, esta sondagem não interceptou nenhum nível de argilito/siltito, o que não significa que o mesmo não ocorra no local. O nível d'água foi observado a 11,70 m de profundidade, prevendo-se que ocorram infiltrações de água na área de escavação que poderão ser eliminadas por esgotamento de poços de drenagem.

Em resumo, os dados obtidos nas sondagens e no levantamento de campo permitiram estabelecer parcialmente as condições geológicas para a implantação das estruturas da estação elevatória EBV-1, prevendo-se que as escavações devam interceptar, em média, cerca de 2m de material de 1ª e 8 m de material de 2ª Categoria. Para profundidades maiores é possível que os materiais sejam escarificáveis, sendo, no entanto, classificáveis como material de 3ª Categoria.

Os taludes de escavação foram concebidos com superfícies totalmente protegidas com concreto projetado e inclinação de 1:1, considerando a natureza friável da matriz dos conglomerados e a altura dos cortes de até 45 m. As tubulações ficarão apoiadas em aterros compactados. O *forebay* de montante será escavado em solo de arenitos conglomeráticos, permeáveis, para o qual está prevista a aplicação de revestimento de geomembrana com concreto nas suas paredes.

2.2.2 EBV-2

A Estação de Bombeamento EBV-2 está situada entre as estacas 17 + 150 e 17 + 713 , na área de domínio das rochas cristalinas, tendo sido observado no levantamento geológico a presença de migmatitos cortados por veios de pegmatito.

Uma sondagem executada a partir da cota 327,25, com cerca de 15m de profundidade, interceptou na superfície cerca de 2m de solo de alteração capeando diretamente rocha pouco alterada e medianamente fraturada de migmatito até 3 m de profundidade, ocorrendo para baixo rocha sã pouco fraturada.

No eixo da casa de bombas, uma sondagem executada a partir da cota 378,60, confirmou a presença de migmatitos, com trechos brechados e veios de pegmatito que se apresentam são e medianamente a pouco fraturado em toda a extensão da sondagem. Superficialmente, foi atravessado solo de alteração com cerca de 2m de espessura.

Em resumo, os dados obtidos nas sondagens e no levantamento de campo permitem estabelecer as condições geológicas para a implantação das estruturas da estação elevatória EBV-2, prevendo-se que as escavações devam interceptar, em média, cerca de 2m de material de 1ª e 2 m de material de 2ª.

Os taludes de escavação foram concebidos com inclinação de 2:1, sendo que os cortes atingirão uma altura máxima de 25m. As adutoras metálicas deverão ficar apoiadas em aterros compactados. O *forebay* de jusante será escavado em solo de alteração e rocha alterada de migmatitos.



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

2.2.3 EBV-3

A Estação de Bombeamento EBV-3 está situada entre as estacas 35 + 690 e 36 + 345, na área de domínio das rochas sedimentares da Bacia Jatobá, tendo sido observado no levantamento geológico a presença de blocos decimétricos de rocha, esparsos na superfície.

Os resultados obtidos nas investigações mostraram uma geologia muito homogênea no local de implantação da estação de bombeamento EBV-3, constituída exclusivamente por conglomerados intercalados por camadas de argilitos/siltitos, sendo os seus aspectos particulares descritos a seguir.

Uma sondagem executada a partir da cota 419,00, com cerca de 35m de profundidade, interceptou na superfície cerca de 1m de solo coluvionar arenoso para depois atravessar uma sequência espessa de conglomerado com intercalações carbonáticas e de argilito e siltito, ocorrendo estas últimas de 28,45 a 29,95m e de 32,00 a 32,65 m na cota de fundação. O conglomerado é constituído por blocos de gnaiss e granito, centimétricos e decimétricos, envoltos em uma matriz silto arenosa, cuja caracterização em profundidade foi prejudicada pela dificuldade de recuperação da amostra. A intercalação de argilito-siltito apresenta-se dura e muito coerente com capacidade de suporte para as estruturas da casa de bomba, porém, apresenta características expansivas, tendo sido identificada argila no ensaio de difração por raio X como sendo esmectita do grupo das Montmorilonitas.

Ensaio de pressão de expansão resultaram em valores no entorno de 2,0 kgf/cm². Uma segunda sondagem revelou o mesmo perfil geológico, confirmando a fundação da casa de bomba em argilito-siltito.

Outras duas sondagens executadas em cotas mais elevadas, interceptaram igualmente o conglomerado até as profundidades de 25,0 e 27,4m, respectivamente, eliminando-se a possibilidade de posicionar essa estação de bombeamento em terrenos cristalinos, posicionados mais a jusante.

Em resumo, os dados obtidos nas sondagens e no levantamento de campo permitiram estabelecer as condições geológicas para a implantação das estruturas da estação elevatória EBV 3, prevendo-se que as escavações devam interceptar, em média, cerca de 2m de material de 1ª e 8 m de material de 2ª. Para profundidades maiores é possível que os materiais sejam escarificáveis, sendo, no entanto, considerados como material de 3ª categoria.

Os taludes de escavação foram concebidos com inclinação de 1:1, com as superfícies totalmente protegidas com concreto projetado, considerando a natureza friável da matriz silto-arenosa dos conglomerados e a altura dos cortes de até 39 m. As tubulações de recalque ficarão apoiadas em aterros compactados. O *forebay* de montante será escavado em solo de alteração de granitos gnaisses, para o qual está prevista a aplicação de revestimento com geomembrana e concreto nas suas paredes.

2.2.4 EBV-4

A Estação de Bombeamento EBV-4 está situada entre as estacas 96 +576 e 97 + 190, na área de domínio das rochas cristalinas, tendo sido observado no levantamento geológico, a presença de biotita gnaiss em contato com o quartzo.

De uma maneira geral, as condições geológicas são bastante homogêneas com relação às profundidades de alteração, da ordem de 2m, exceto com relação a espessura de alteração observada numa sondagem, verificando-se que essa situação é localizada, estando a alteração associada à foliação e provavelmente a uma banda mais biotítica.

Uma sondagem executada a partir da cota 461,50, com 18,7m de profundidade, interceptou na superfície cerca de 2m de solo coluvionar capeando diretamente o maciço rochoso. O solo



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

coluvionar é constituído por argila arenosa, marrom com fragmentos de rocha e cascalho. O maciço rochoso é constituído na sua parte superior, de 1,95 a 3,00 m, por rocha alterada dura de quartzo muscovita gnaiss, extremamente fraturada, observando-se para baixo rocha sã pouco a medianamente fraturada.

No eixo da casa de bombas outra sondagem confirmou a presença de pequena cobertura de solo, com 1,85m de espessura. Em cotas inferiores aparece o biotita quartzo muscovita gnaiss, que são, medianamente a pouco fraturado com algumas passagens extremamente fraturadas. A fundação da casa de bombas se dará em rocha sã, medianamente a pouco fraturada. Outras sondagens confirmaram as boas características geomecânicas da fundação.

Outras duas sondagens, executadas em cotas mais elevadas, interceptaram o quartzito, que se apresenta pouco alterado, de muito a extremamente fraturado nos trechos superiores, condições estas a serem encontradas nas escavações do *forebay* de jusante.

Em resumo, os dados obtidos nas sondagens e no levantamento de campo permitiram estabelecer as condições geológicas para a implantação das estruturas da estação de bombeamento EBV-4, prevendo-se que as escavações devam interceptar, em média, cerca de 2m de material de 1ª e 2 m de material de 2ª, exceto em pontos localizados.

Os taludes de escavação foram concebidos com inclinação de 2:1, devendo os cortes atingirem 25 m de altura máxima. As tubulações adutoras ficarão apoiadas em aterros compactados. O *forebay* de montante será escavado em rocha alterada de quartzito, medianamente a muito fraturada, para o qual está prevista a aplicação de revestimento de geomembrana e concreto nas suas paredes.

2.2.5 EBV-5

A Estação de Bombeamento EBV-5 situa-se entre as estacas 163 + 713 e 164 + 185, na área de domínio das rochas cristalinas, tendo sido observado no levantamento geológico a presença de biotita gnaiss.

De uma maneira geral, as condições geológicas são bastante homogêneas com relação as profundidades de alteração, da ordem de 2m, exceto em pontos isolados onde a alteração deve estar associada a planos de fraturamento paralelos aos planos de foliação ou a bandas mais biotíticas.

Próximo ao local do eixo da casa de bombas, uma sondagem, executada a partir da cota 513,50, confirmou a presença de rochas gnaissicas e de pequena cobertura de solo coluvionar, de 2,6m. A rocha, um biotita gnaiss, apresenta-se pouco alterada, de medianamente a muito fraturada com alguns trechos extremamente fraturados. Outras sondagens revelaram que o maciço rochoso apresenta-se pouco alterado de medianamente a muito fraturado.

Em resumo, os dados obtidos nas sondagens e no levantamento de campo permitiram estabelecer as condições geológicas para a implantação das estruturas da estação elevatória EBV 5, prevendo-se que as escavações devam interceptar, em média, cerca de 2m de material de 1ª e 2 m de material de 2ª, exceto em pontos isolados onde a espessura de alteração é maior.

Os taludes de escavação foram concebidos com inclinação de 2:1, devendo os cortes atingirem 25 m de altura máxima. Prevê-se, pelo estado de fraturamento do maciço rochosos, que os taludes deverão ser tratados com concreto projetado. A fundação da casa de bombas apresenta maciço rochoso com condições geomecânicas adequadas à implantação das estruturas. As tubulações e o *forebay* de jusante ficarão apoiados em aterros compactados.



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

2.2.6 EBV-6

A Estação de Bombeamento EBV-6 está situada entre as estacas 170 + 002 e 170 + 529, na área de domínio das rochas cristalinas, tendo sido observado no levantamento geológico a presença de granito gnaisse.

De uma maneira geral, observa-se no local solo coluvionar areno-argiloso na superfície com cerca de 1 m de espessura capeando solo de alteração de granito gnaisse, constituído de silte arenoso micáceo com fragmentos de quartzo e feldspatos. A espessura de solo varia de 4 a 10m. Esse solo de alteração encontra-se capeando diretamente rocha alterada dura de granito gnaisse fraturado. O levantamento geofísico indicou uma espessura da ordem de 5 m de solo com velocidades sísmicas variando de 1.700 a 2.100 m/s e subjacente, um maciço rochoso com velocidade sísmica de 4.500 a 4.600 m/s, correlacionável a rocha alterada ou sã, medianamente fraturada.

Em resumo, os dados obtidos nas sondagens e no levantamento de campo permitiram estabelecer as condições geológicas para a implantação das estruturas da estação elevatória EBV 6, prevendo-se que as escavações devam interceptar, em média, cerca de 3 m de material de 1ª e 3 m de material de 2ª.

Os taludes de escavação foram concebidos com inclinação de 2:1 sendo os cortes atingirão 30 m de altura máxima. A casa de bombas terá como fundação o maciço rochoso com características geomecânicas adequadas à implantação das estruturas. As tubulações adutoras e o *forebay* de jusante ficarão apoiadas em aterros compactados.

2.3 Aspectos Geotécnicos

Para a implantação das estações de bombeamento foi previsto que, após a limpeza do terreno, será executada a escavação comum do solo até a profundidade compatível com equipamentos convencionais de terraplenagem. Os materiais assim escavados serão os solos aluvionares e coluvionares, solos superficiais e de alteração.

Quando não for possível a escavação conforme mencionado acima, devido ao aumento da resistência, a desagregação do material será feita empregando tratores de esteira similares ao CAT D-8 ou D-9, acoplados a escarificadores de um ou mais dentes. Os materiais a serem escavados por este processo serão as rochas alteradas mole, e as rochas sedimentares brandas.

Quando o procedimento acima não for mais factível, será feito o desmonte da rocha a fogo.

Nas paredes definitivas, onde será necessário um bom acabamento do talude, serão empregados os métodos de pré-fissuramento ou fogo cuidadoso (*smooth blasting*), dependendo do tipo de rocha.

A escavação do talude do canal de adução, bem como dos taludes e da fundação da estrutura da estação de bombeamento, será feita utilizando as técnicas de acabamento já mencionadas.

As escavações para implantação do *forebay* de montante das estações de bombeamento promoverão um alargamento e rebaixamento na seção de escoamento do canal. A inclinação dos taludes na seção de escoamento variará de 1V:1,5H até 1V:1H (EBV-1 e EBV-3) e 2V:1H (demais estações).

Abaixo do nível d'água aduzidas dos *forebays* os taludes serão regularizados, impermeabilizados e protegidos de maneira análoga aos taludes do canal, isto é, com geomembrana e proteção mecânica desta com concreto. O sistema de drenagem será constituído por tubo coletor perfurado envolto em brita e geotextil de maneira análoga ao canal.



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

No trecho rebaixado, imediatamente a montante da casa de bombas, a impermeabilização será feita através de aplicação de injeção ou concreto projetado em eventuais fraturas no maciço rochoso.

O deságüe da drenagem para alívio de subpressão do canal revestido com geomembrana poderá ser feito em poço de drenagem adjacente à estrutura da casa de bombas.

Acima do nível d'água a inclinação dos taludes de escavação atenderá aos critérios de projeto estabelecidos para os taludes do canal, isto é:

- Inclinação 1V:1,5H para os taludes em material de 1ª categoria;
- Inclinação 2V:1H para os taludes em material de 2ª e 3ª categorias.

Nos casos da EBV-1 e EBV-3, a ocorrência de rochas conglomeráticas com intercalações de argilitos-siltitos potencialmente expansivos e arenitos finos conglomeráticos fez com que os taludes de escavação fossem abatidos para 1V:1H para garantir sua estabilidade.

As fundações da EBV-1 e EBV-3 foram concebidas em estacas escavadas e apoiadas sobre argilitos/siltitos expansivos, ficando suas estruturas apoiadas em blocos sobre as estacas e afastadas da superfície de escavação. Em função das cargas de trabalho foi dimensionado um conjunto de 34 estacas para cada estação elevatória. Estas estacas, em função das características geomecânicas do argilito/siltito, foram projetadas com 10 m de comprimento e 0,80 m de diâmetro e alargada na base para o diâmetro de 1,50 m. Os 5 m superiores de cada estaca deverão ser encamisados com material de baixa aderência (PVC), de modo a permitir que a camada superficial de argilito/siltito possa se expandir com liberdade, impedindo a instalação da pressão de expansão na estrutura.

Acima do nível d'água será mantida a berma com 3,50 m de largura em ambas as margens do *forebay*, em seqüência aos acessos existentes nas duas margens do canal.

Na margem esquerda dos *forebays* serão implantados acessos com 6,00 m de largura e rampa máxima de 10% para acesso dos veículos de transporte dos equipamentos eletro-mecânicos, bem como acesso à subestação e *forebay* de jusante.

Os taludes de escavação em solos serão protegidos com material granular bem graduado com 0,60 m de largura. Quando o solo for constituído por coluviões arenosos fofos e colapsíveis com alta susceptibilidade à erosão, recomenda-se a colocação de camada de transição entre o solo e o material granular constituída por 0,4 m de largura de bica corrida, cascalho areno-argiloso, etc, de maneira a evitar o carreamento do solo para o interior dos vazios do material granular mais graúdo de proteção.

No contato solo-material de 2ª categoria, será executada berma de 3,0 m de largura na qual será implantada canaleta de drenagem para proteção dos taludes contra a erosão das águas pluviais.

Os taludes em material de 2ª categoria, incluindo os taludes em conglomerados serão protegidos segundo o mesmo critério dos taludes do canal.

São previstos 2 tipos de tratamento, descritos a seguir.

- Tratamento do Tipo 1

Constituído por aplicação de concreto projetado com 7,0cm de espessura, com adição de fibras sintéticas, aplicação de chumbadores curtos com diâmetro de 25 mm e cerca de 1,0 m de comprimento e barbacãs em malha de 3,0 x 3,0 m. Nos locais em que as escavação interceptar o lençol freático serão executados Drenos Horizontais Profundos (DHPs) com 20,0 m de profundidade e espaçamento inicial previsto em 6,0m.



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

Esta proteção aplica-se a taludes com blocos de rocha em matriz areno-argilosa sem cimentação, como é o caso do conglomerado da EBV-1 e EBV-3.

- Tratamento do Tipo 2

É análogo ao tratamento do Tipo 1 no que se refere à aplicação do concreto projetado, chumbadores e instalação de DHPs.

Além disso, entre o concreto projetado e a escavação é prevista a instalação de geogrelha, como por exemplo tela de polipropileno, fixada com chumbadores curtos, sob a qual será colocado material granular e barbacãs, por exemplo pedrisco, para evitar o carreamento do material pelas águas de infiltração.

Aplica-se em taludes de arenitos e arenitos conglomeráticos brandos, sem cimentação, com ou sem blocos mais resistentes, esparsos na matriz arenosa.

Nos locais onde o material for constituído por rocha alterada mole argilosa e coesiva ou arenosa e cimentada sem descontinuidades que favoreçam a instabilização, o tratamento será dispensado.

Os tratamentos acima referem-se a proteções contra erosão.

Caso localmente ocorram problemas de estabilidade dos taludes, a proteção indicada poderá evoluir para um grampeamento do talude onde será aplicado concreto projetado e chumbadores com espaçamento e comprimento dimensionados para garantir a estabilidade dos taludes.

Os taludes em rocha serão protegidos segundo os critérios estabelecidos no desenho EN.B/V.DS.GL.0029.

O *forebay* de jusante será implantado sobre maciço compactado com material proveniente das escavações obrigatórias do *forebay* de montante e da estrutura da casa de bombas. Praticamente todo o material aí escavado será utilizado na construção do maciço não havendo necessidade de lançar mão de empréstimos ou realizar bota-foras.

Desta forma, o maciço a ser executado será zoneado adequando-o ao tipo de material escavado, sendo constituído por um núcleo central sob a seção de escoamento do canal de solo compactado e espaldares de enrocamento compactado. A interface solo-enrocamento terá inclinação 2V:1H e entre estes materiais será colocada uma camada transição com 2,00 m de largura.

Na compactação do enrocamento será utilizada água de maneira a aumentar a rigidez pós-construção, minimizando os recalques.

Na crista do aterro serão instalados marcos de recalque superficiais de maneira a controlar os recalques após a construção. Somente após a estabilização destes recalques serão efetuadas as escavações para implantação da estrutura de deságüe, bem como será feita a abertura da vala para instalação do conduto forçado no aterro.

A largura da crista do aterro será de 6,0 m, permitindo com folga o tráfego dos equipamentos de construção. O talude do aterro, terá inclinação 1V:1,5H, a não ser no local de implantação dos condutos-forçados onde esta inclinação será de 1V:3H.

O canal será impermeabilizado com geomembrana aplicada sobre o talude de aterro compactado previamente revestido e regularizado com areia ou pedrisco com espessura média de 5 cm. Sob a geomembrana será instalado um dreno coletor longitudinal constituído por um tubo ($\varnothing = 0,30\text{m}$ a $0,60\text{m}$) perfurado envolto em brita e geotextil efetuando-se o deságüe a cada 50,00 m, de maneira a monitorar a impermeabilidade da geomembrana e identificar locais de possíveis vazamentos.



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

A geomembrana será ancorada no concreto da Estrutura de Deságüe para garantir a impermeabilização do *forebay* de jusante. A ancoragem da geomembrana na estrutura dependerá do tipo de geomembrana a ser empregada.

A proteção mecânica da geomembrana será feita com concreto de maneira análoga ao revestimento do canal.

3 . TOMADA D'ÁGUA

3.1 Características Gerais

Estão previstas na tomada d'água, de cada uma das estações de bombeamento, cinco aduções correspondentes às cinco unidades de bombeamento. Cada adução é equipada com um jogo de dois elementos de grade, removíveis, com bandejas para retenção de detritos, conforme pode ser observado nos seguintes desenhos de arranjo geral:

- EBV-1 desenhos: EN.B/V.DS.ME.0100 a 0103;
- EBV-2 desenhos: EN.B/V.DS.ME.0200 a 0203;
- EBV-3 desenhos: EN.B/V.DS.ME.0300 a 0303;
- EBV-4 desenhos: EN.B/V.DS.ME.0400 a 0403;
- EBV-5 desenhos: EN.B/V.DS.ME.0500 a 0503;
- EBV-6 desenhos: EN.B/V.DS.ME.0600 a 0603;

Para fins de manutenção, está prevista a utilização de um único painel de comporta ensecadeira, a ser colocado em ranhuras situadas a jusante da grade. A estocagem do painel da comporta ensecadeira é feita nas próprias ranhuras de operação.

Para o esgotamento do poço úmido, vedado a montante pela comporta, está prevista a utilização de uma bomba submersível, a ser também colocada em ranhura própria.

A Tomada d'água é ainda equipada com um pórtilo rolante, o qual se desloca sobre as ranhuras das grades, comporta e bomba submersível, no coroamento de elevação, apresentada na tabela 3.1 com a finalidade de movimentar esses equipamentos nos serviços de manutenção, conforme pode ser observado na FIGURA 1.

Tabela 3.1

ESTAÇÃO DE BOMBEAMENTO – NÍVEIS NOTÁVEIS

| NÍVEL(m) | EBV-1 | EBV-2 | EBV-3 | EBV-4 | EBV-5 | EBV-6 |
|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| FUNDO DO POÇO | 292,40 | 353,68 | 392,02 | 446,56 | 497,31 | 534,06 |
| NA MIN. NORMAL | 298,64 | 359,68 | 398,02 | 452,56 | 502,41 | 539,16 |
| NA MAX. NORMAL | 304,09 | 361,80 | 400,14 | 454,73 | 504,42 | 541,00 |
| NA NORMAL | 304,00 | 361,30 | 399,64 | 454,17 | 503,83 | 540,55 |
| NA MAX. MAX. | 305,00 | 361,80 | 400,48 | 455,50 | 504,44 | 541,25 |
| PLATAFORMA | 305,30 | 362,10 | 400,78 | 455,80 | 504,74 | 541,55 |



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

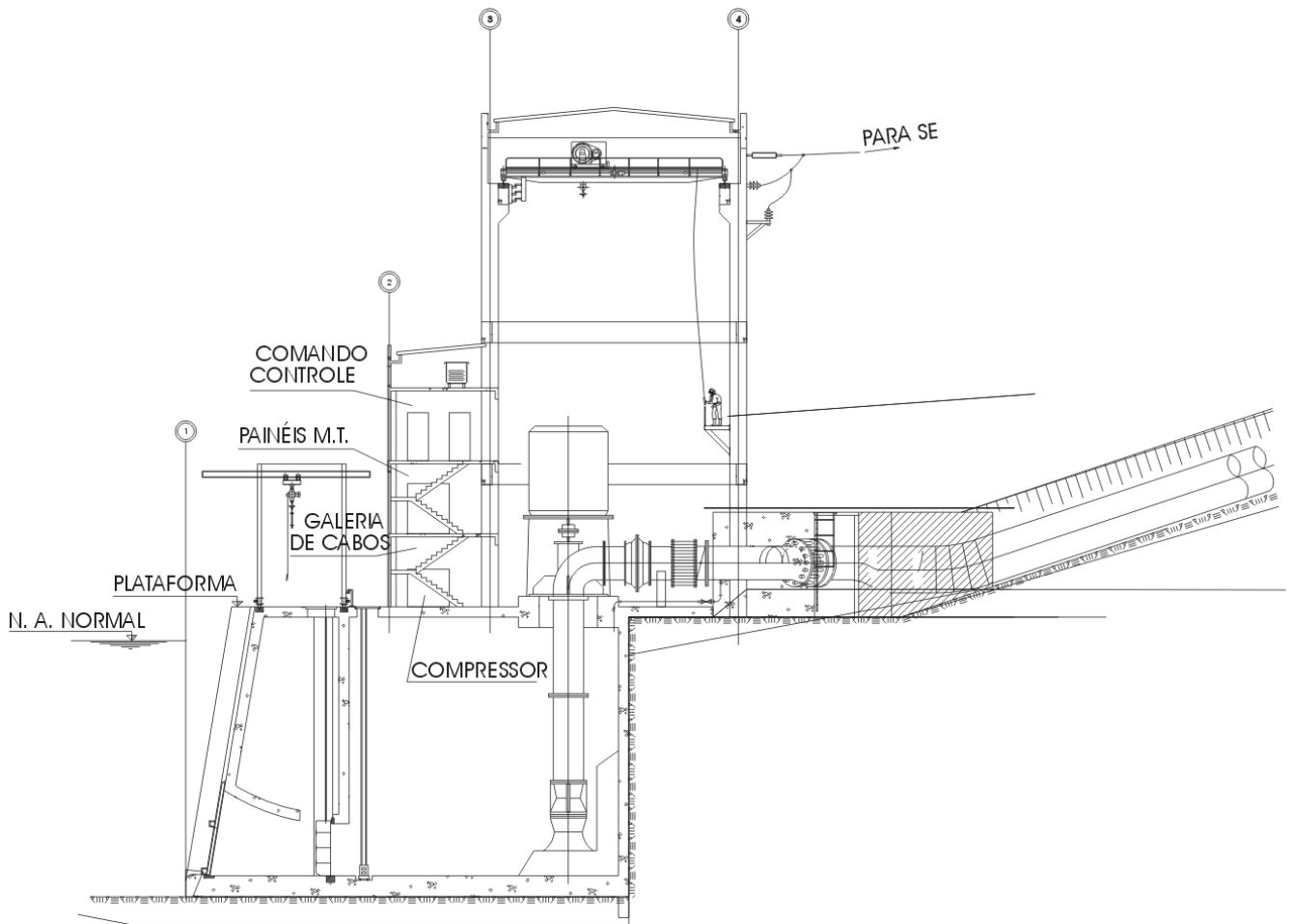


Figura 1



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

3.2 Equipamentos Mecânicos da Tomada d'Água

3.2.1 Grades

As grades instaladas nas tomadas d'água são do tipo removível, construídas de barras verticais montadas sobre quadro de aço estrutural, com bandejas de coleta de detritos, e movimentadas com o auxílio de uma viga pescadora através do pórtico rolante da tomada d'água.

As dimensões principais de cada grade estão indicadas a seguir.

| ESTAÇÃO | EBV-1 | EBV-2 | EBV-3 | EBV-4 | EBV-5 | EBV-6 |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Largura (m) | 5,26 | 5,26 | 5,26 | 5,26 | 4,10 | 4,10 |
| Altura (m) | 4,60 | 4,60 | 4,60 | 4,60 | 4,30 | 4,30 |

3.2.2 Comporta Ensecadeira

A comporta ensecadeira é do tipo deslizante, composta de um único painel metálico de construção soldada, com paramento e plano de vedação voltado para jusante. O elemento inferior de cada comporta é provido de um sistema de *by-pass*, para permitir o enchimento do recinto ensecado. A comporta é guiada por sapatas guias instaladas nas cabeceiras e manobrada, em meio equilibrado, com auxílio da talha elétrica do pórtico rolante e viga pescadora própria.

As dimensões principais do painel da comporta são indicadas a seguir.

| ESTAÇÃO | EBV-1 | EBV-2 | EBV-3 | EBV-4 | EBV-5 | EBV-6 |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Largura (m) | 6,30 | 6,30 | 6,30 | 6,30 | 5,30 | 5,30 |
| Altura (m) | 2,70 | 2,70 | 2,70 | 2,70 | 2,25 | 2,25 |

3.2.3 Pórtico Rolante

O pórtico rolante é construído em estrutura de aço, provido de quatro pernas, interligadas duas a duas formando um conjunto rígido, e uma viga superior que serve de caminho de rolamento para o carro suspenso, equipado com uma talha elétrica. Esta talha tem por finalidade movimentar os elementos das grades, a comporta ensecadeira e a bomba de esgotamento.

As características gerais do pórtico são indicadas a seguir.



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

| ESTAÇÃO | EBV-1 | EBV-2 | EBV-3 | EBV-4 | EBV-5 | EBV-6 |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Capacidade (N) | 75 | 75 | 75 | 75 | 75 | 75 |
| Vão (m) | 4,05 | 4,05 | 4,05 | 4,05 | 4,05 | 4,05 |
| Extensão Longitudinal (m) | 5,70 | 5,70 | 5,70 | 5,70 | 5,40 | 5,40 |
| Altura (m) | 6,40 | 6,40 | 6,40 | 6,40 | 5,70 | 5,70 |
| Curso do Moitão (m) | 17,20 | 12,72 | 13,06 | 13,54 | 11,09 | 11,09 |
| Extensão do Caminho de Rolamento (m) | 40,65 | 40,65 | 40,65 | 40,65 | 32,85 | 32,85 |

4 . CASA DE BOMBAS

4.1 Características Gerais

A fundação da casa de bombas em geral situar-se-á sobre rocha sã pouco fraturada, sendo os taludes adjacentes à estrutura escavados verticalmente.

No caso da EBV-1 e EBV-3 os taludes adjacentes a casa de bombas serão escavados com inclinação 1V:1H, tendo em vista a ocorrência de conglomerados com intercalações de argilitos-siltitos. Posteriormente, o espaço entre o talude e as paredes da estruturas serão preenchidos com solo inerte compactado, garantindo-se a drenagem interna do reaterro.

Na concepção adotada para assegurar a estabilidade das estações elevatórias, o talude vertical de encosto da estrutura da estação de bombeamento não transmitirá empuxo do maciço para a estrutura. Para alívio de sub-pressões do lençol freático junto à estrutura da EB, equalizando-as com os níveis d'água externos do canal de adução, foi prevista a instalação de um sistema de drenagem sub-superficial e de contato com a estrutura, constituído por drenos, meia-canas de concreto ou concreto poroso, no contato concreto estrutural/maciço rochoso. Foi prevista a descarga deste sistema no canal de adução da estrutura da estação elevatória, ou em poço de drenagem adjacente à estrutura.

As casas de bombas são estruturas do tipo abrigada, constituídas basicamente por duas grandes subestruturas de concreto armado, a saber: estrutura de captação e superestrutura, conforme pode ser observado nos seguintes desenhos:

- EBV-1 desenhos: EN.B/V.DS.ET.0101 a 0105;
- EBV-2 desenhos: EN.B/V.DS.ET.0201 a 0205;
- EBV-3 desenhos: EN.B/V.DS.ET.0301 a 0305;



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

- EBV-4 desenhos: EN.B/V.DS.ET.0401 a 0405;
- EBV-5 desenhos: EN.B/V.DS.ET.0501 a 0505;
- EBV-6 desenhos: EN.B/V.DS.ET.0601 a 0605.

Cada uma das estruturas de captação é composta basicamente por uma laje de fundo de 1,0m de espessura, assente sobre fundação rochosa de boa capacidade de carga. Em cada estrutura de captação, sobre a laje de fundo, foram instaladas 5 células contíguas, onde estarão alojadas 5 bombas de recalque. As dimensões em planta desta estrutura junto à fundação são mostradas a seguir.

| ESTAÇÃO | EBV-1 a V-4 | EBV-5 e V-6 |
|-----------------|-------------|-------------|
| COMPRIMENTO (m) | 33,00 | 27,20 |
| LARGURA (m) | 26,27 | 25,89 |

As paredes laterais destas células apresentam 1,20m de espessura. A parede de jusante apresenta espessura mínima de 0,5m, com mísulas de 1,0x1,0m na ligação com as paredes laterais de cada célula. A tomada d'água de montante é formada por uma estrutura de formato celular de 0,5m de espessura, engastada nas paredes laterais. O fechamento superior de cada estrutura de captação é constituído por uma laje de 0,5m de espessura e as vigas de borda de formato anelar de 50/150cm, que servem de apoio para as bombas de recalque. Para estas estruturas foi adotada a classe de concreto B, que apresenta $f_{ck}=25\text{MPa}$ aos 28 dias.

A superestrutura de cada estação elevatória é composta por uma estrutura principal formada basicamente por duas fileiras de seis pilares cada, totalizando 12 pilares retangulares de 50/80cm, que nascem no topo das paredes laterais da estrutura inferior. A montante desta estrutura principal é solidária e esta encontra-se a estrutura das salas de operação, composta por 3 pisos estruturados por lajes e vigas, suportados a montante por 6 pilares 40/50cm que também nascem no topo das paredes laterais inferiores.

As laterais da estrutura principal foram estruturadas por dois conjuntos de vigas 50/100cm. As vigas de sustentação da ponte rolante apóiam-se sobre consolos curtos. Acima das vigas de sustentação da ponte rolante, os 12 pilares principais apresentam uma redução da seção transversal de 50/80cm para 50/30cm, estendendo-se até a viga de borda 30/167cm e a estrutura de apoio da cobertura.

As vigas longitudinais apresentam aproximadamente na metade do seu comprimento, junto a dois pilares principais, juntas de dilatação composta por dentes tipo Gerber. Em cada lado desta junta de dilatação, junto aos pilares vizinhos, encontram-se duas vigas de 50/75cm que travam as vigas de borda. Para a superestrutura foi adotada a classe de concreto B, que apresenta $f_{ck}=21\text{MPa}$ aos 28 dias.

Ao lado da estrutura principal, em continuidade a esta, encontra-se a estrutura da área de montagem, formada por uma laje de formato retangular com 0,50m de espessura, dois pilares 50/80cm, dois conjuntos de vigas 50/100cm, vigas de sustentação da ponte rolante, bem como as vigas de borda de 30/167cm. As dimensões em planta desta estrutura são indicadas a seguir.



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

| ESTAÇÃO | EBV-1 a V-4 | EBV-5 e V-6 |
|-------------|-------------|-------------|
| COMPRIMENTO | 11,15 | 9,15 |
| LARGURA | 23,57 | 23,48 |

Com base de apoio na plataforma principal situa-se o bloco principal de ancoragem do conjunto de transições do sistema adutor, em concreto armado, classe A, apresentando espessura mínima de 1,00m em relação à face do conduto adutor.

Acima deste bloco de ancoragem, em direção à estrutura de descarga, foi instalada para cada Estação de Bombeamento a caixa de inspeção do medidor de vazão. Esta estrutura é formada por paredes e laje de fundo com 0,30m de espessura, sendo a cobertura composta por vigotas pré-moldadas de 0,10m de espessura. Para essas estruturas foi adotada a classe de concreto A, que apresenta $f_{ck}=15\text{MPa}$ aos 28 dias.

Cada uma das casas de bombas abriga cinco unidades de bombeamento, do tipo vertical de poço úmido, sendo quatro conjuntos operacionais e um de reserva.

Na descarga das unidades n^{os} 1, 2, 4 e 5 estão instaladas uma válvula de retenção de fechamento rápido, uma válvula borboleta motorizada de operação da unidade e um acoplamento rígido, para permitir a montagem do conjunto de descarga.

Na descarga da unidade n^o 3 está instalada uma válvula de retenção e uma peça especial de bifurcação. Em cada um dos ramos da bifurcação estão instaladas uma válvula borboleta motorizada e um acoplamento rígido.

O arranjo assim proposto permite o recalque da água bombeada pelas unidades 1 e 2, associadas em paralelo, através de um conduto forçado, o recalque das unidades 4 e 5, associadas em paralelo, através de um outro conduto forçado e o recalque da unidade n^o 3 alternativamente por um ou pelo outro conduto forçado.

Desta maneira, no total, são dois condutos forçados principais em paralelo aduzindo água ao canal superior a jusante.

O acesso à casa de bombas é feito através da margem esquerda do canal. Tanto o acesso quanto a área de montagem, situam-se na mesma elevação do piso das bombas.

Longitudinalmente, a montante, situam-se as galerias cujas elevações estão apresentadas na tabela abaixo.

| ESTAÇÃO | EBV-1 | EBV-2 | EBV-3 | EBV-4 | EBV-5 | EBV-6 |
|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Galeria do Piso das Bombas (m) | 305,30 | 362,10 | 400,78 | 455,80 | 504,80 | 541,55 |
| Galeria Intermediária (m) | 308,80 | 365,60 | 404,28 | 459,30 | 508,30 | 545,05 |
| Galeria Superior (m) | 312,30 | 369,10 | 407,78 | 462,80 | 511,80 | 548,55 |



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

Na galeria do piso das bombas, encontram-se o grupo diesel, os compressores de ar e dois transformadores de serviços auxiliares. Acima, na galeria intermediária, ficam a sala de baterias e a sala de quadros elétricos. No último piso, na galeria superior, estão abrigadas as salas de painéis elétricos e de controle e os sanitários e vestiários masculino e feminino.

A casa de bombas está equipada com uma ponte rolante, que será utilizada na fase de construção e montagem da Estação Elevatória para o içamento e transporte dos conjuntos montados mais pesados das bombas e motores, bem como auxiliará as montagens parciais desses equipamentos. Posteriormente, durante a fase de operação da Estação, será utilizada na manutenção geral dos equipamentos da casa de bombas.

Para a operação da casa de bombas, prevêem-se os seguintes serviços auxiliares mecânicos: drenagem, esvaziamento, enchimento, ar comprimido de serviços gerais, água de serviço, água potável, esgoto sanitário, medições hidráulicas, ventilação das galerias, ar condicionado da sala de controle e antiincêndio.

4.2 Transitórios Hidráulicos

Foram realizados estudos de transitórios hidráulicos ao longo das tubulações de recalque das instalações de bombeamento. Nesses estudos foi considerada como situação de emergência a ocorrência de um corte instantâneo no fornecimento de energia e, concomitantemente, o fechamento das válvulas de retenção de um conjunto de duas bombas associadas em paralelo e aduzindo água em um único conduto forçado.

Pôde-se observar pelos resultados (apresentados no Relatório 18) que os valores máximos e mínimos das pressões ao longo da tubulação situam-se dentro de limites usualmente recomendáveis.

Nesse sentido, inclusive, dimensionou-se a geometria do sifão, de modo a não ocorrer a separação da coluna líquida, limitando as pressões no interior do conduto ao valor mínimo de 5 m abaixo de zero. Desta maneira, previu-se, ainda, o sistema de aeração descrito no item 6.

4.3 Equipamentos Mecânicos da Casa de Bombas

4.3.1 Bombas Hidráulicas

As cinco (4+1) bombas hidráulicas são do tipo vertical de poço úmido, adequadas para acionamento direto por motor síncrono, 60 Hz, com altura nométrica potência nominal e rotação conforme apresentado na tabela abaixo.

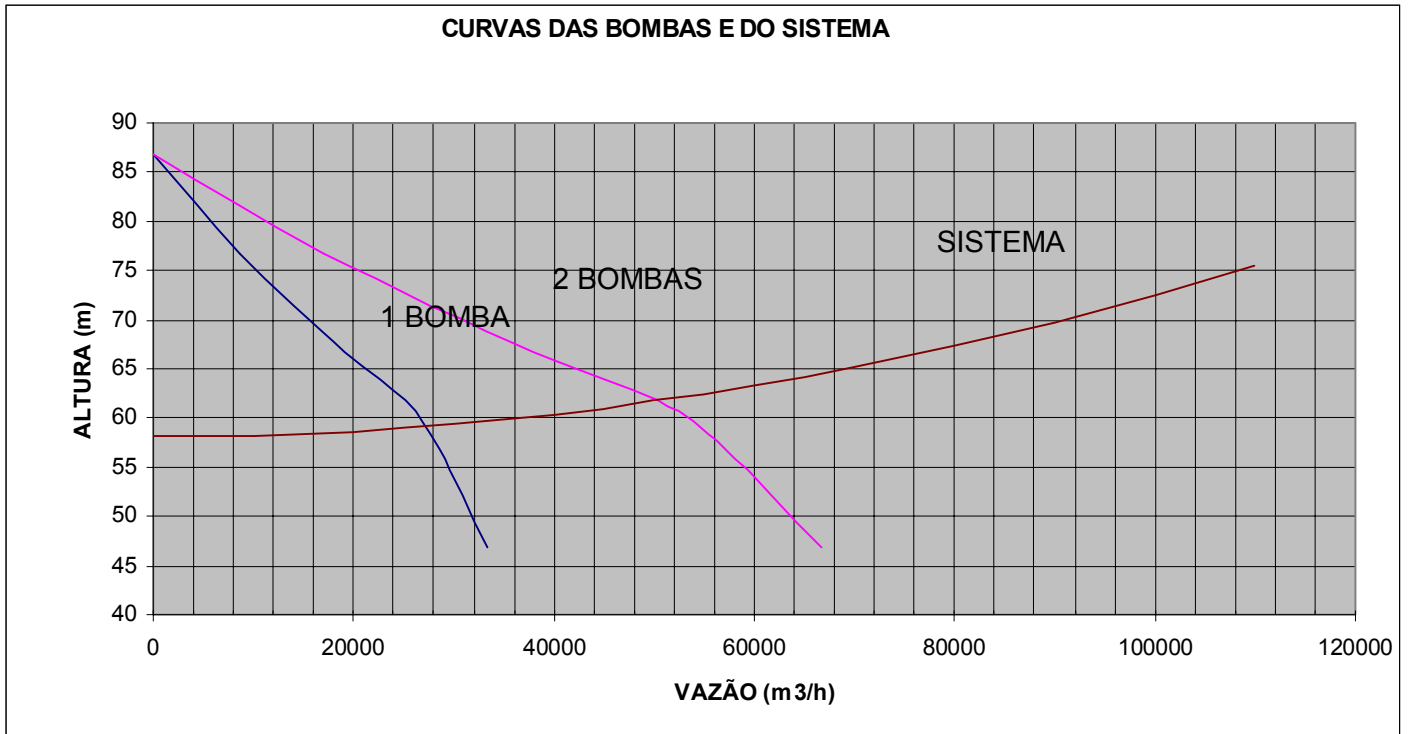
| ESTAÇÃO | EBV-1 | EBV-2 | EBV-3 | EBV-4 | EBV-5 | EBV-6 |
|------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Número de Bombas | 4+1 de reserva | 4+1 de reserva | 4+1 de reserva | 4+1 de reserva | 4+1 de reserva | 4+1 de reserva |
| Altura Monométrica (m) | 61,76 | 43,12 | 63,54 | 59,28 | 40,38 | 61,85 |
| Potência Nominal (kW) | 4.869,5 | 3.400,2 | 5.010,0 | 4.674,6 | 2.047,1 | 3.135,0 |
| Rotação (rpm) | 360 | 360 | 360 | 360 | 450 | 450 |



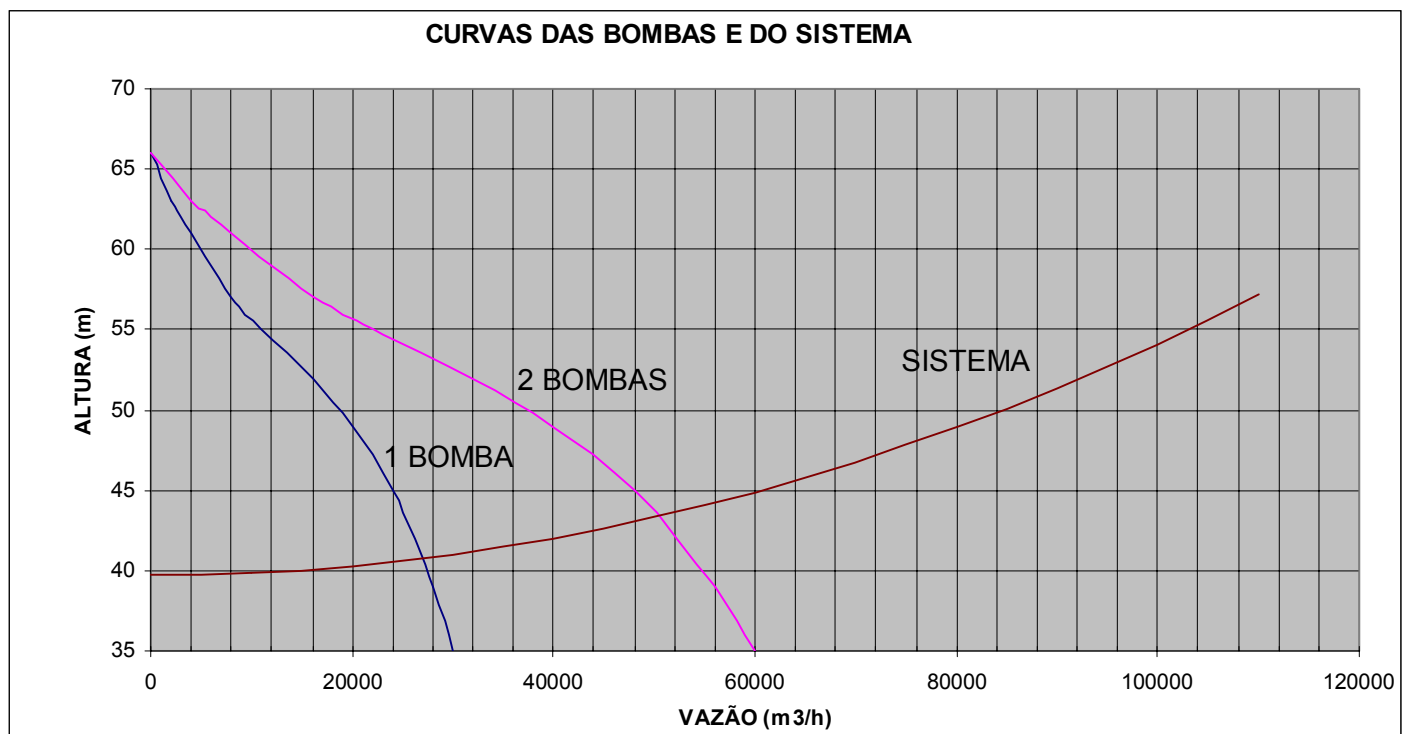
Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

As curvas características de um conjunto de duas bombas associadas em paralelo e do sistema, para cada uma das Estações de Bombeamento, estão apresentadas a seguir:

EBV-1



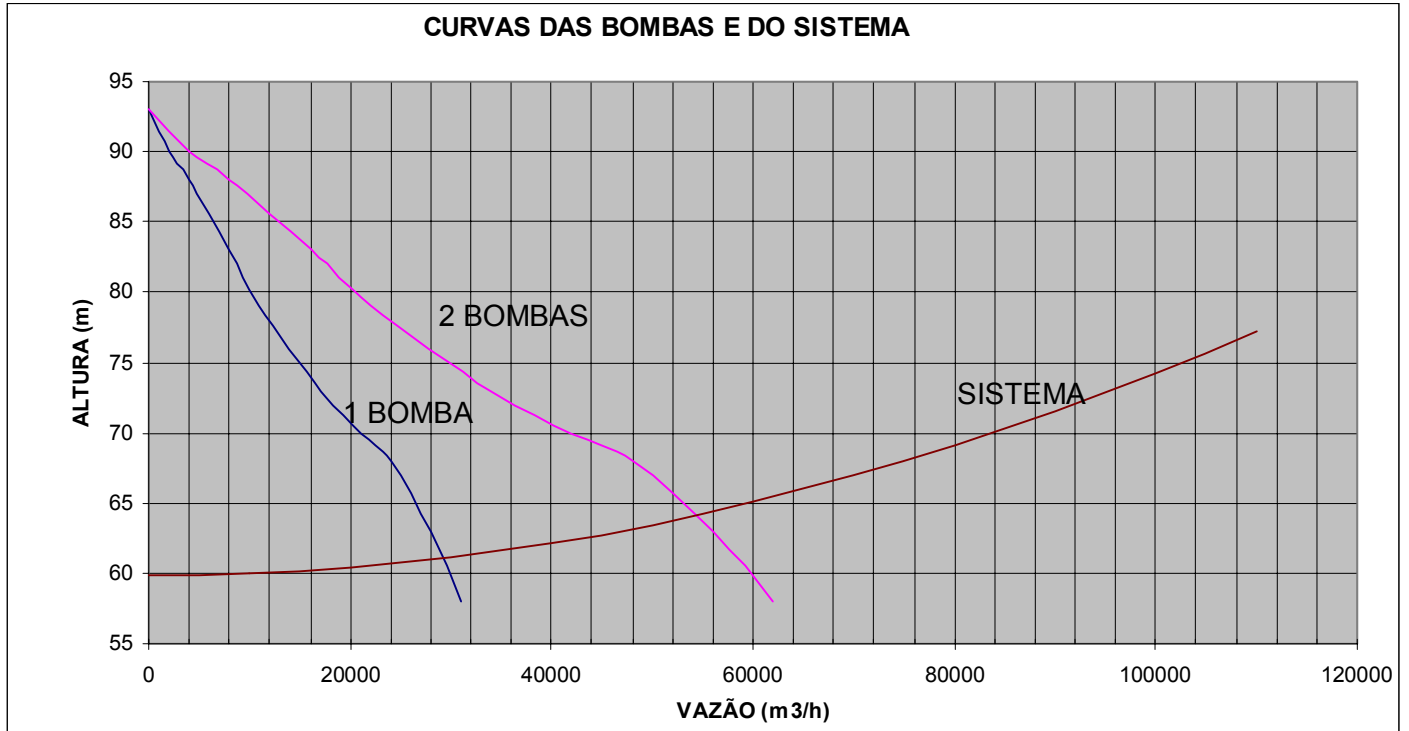
EBV-2



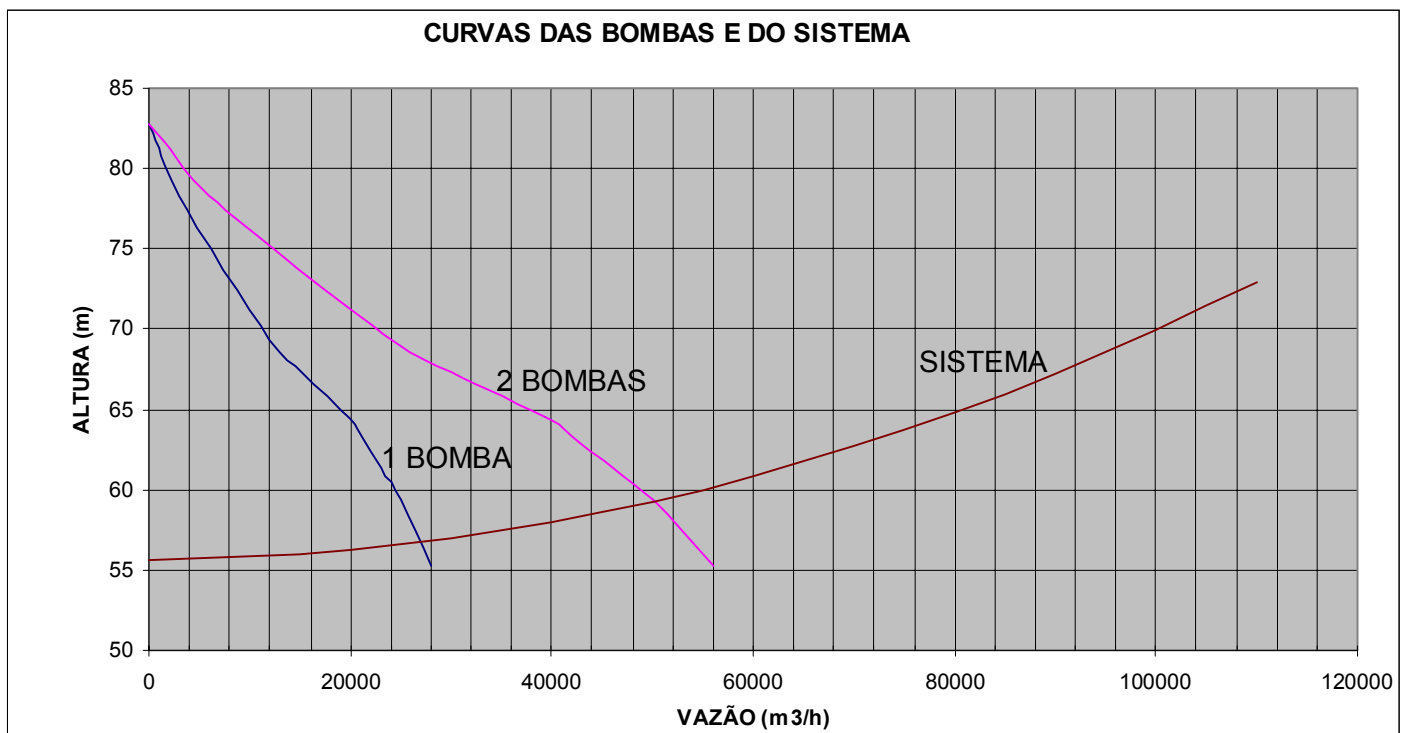


Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

EBV-3



EBV-4

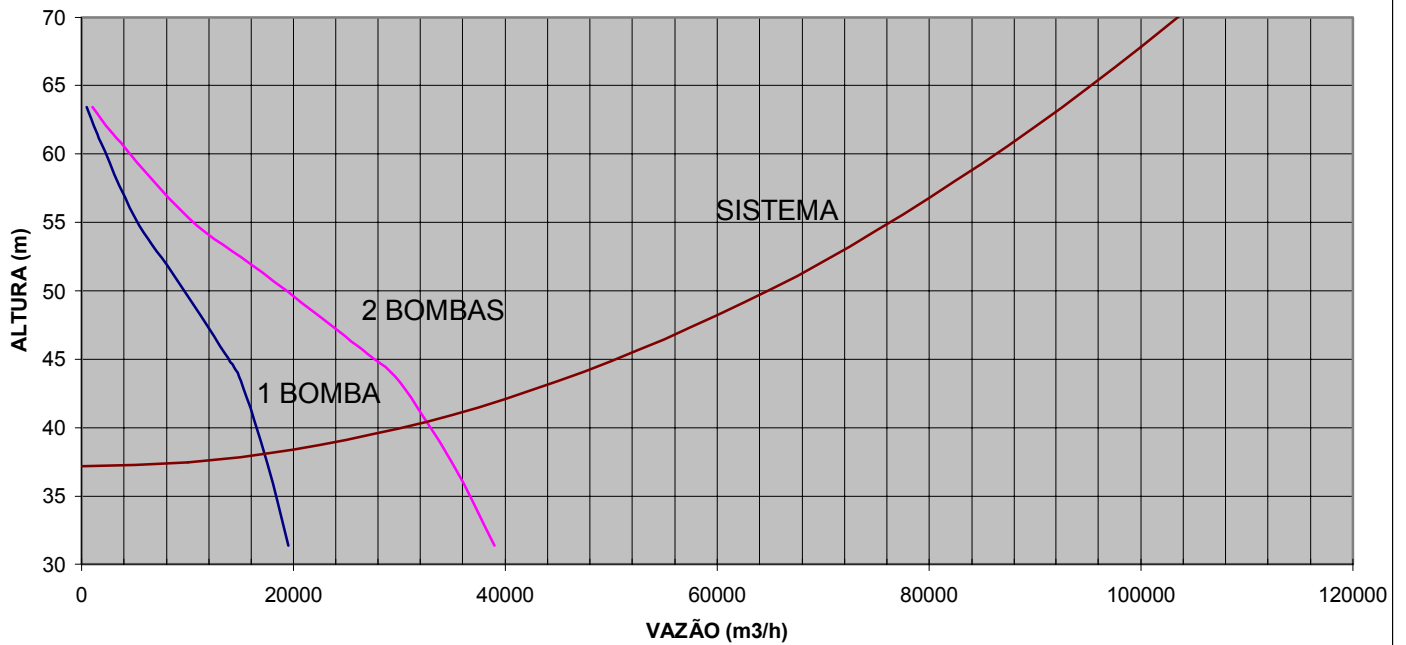




Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

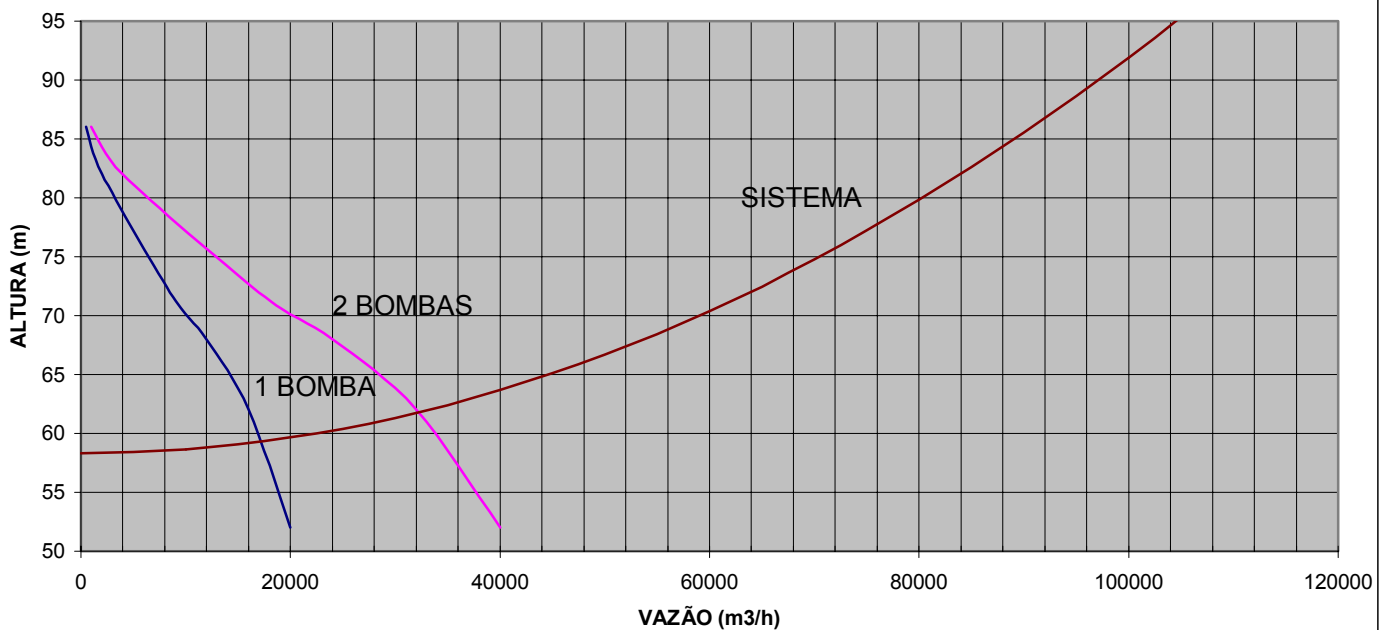
EBV-5

CURVAS DAS BOMBAS E DO SISTEMA



EBV-6

CURVAS DAS BOMBAS E DO SISTEMA





Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

4.3.2 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 dos guinchos de levantamento principal e auxiliar 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 cinco unidades de bombeamento.

As características gerais da ponte são indicadas abaixo.

| ESTAÇÃO | EBV-1 | EBV-2 | EBV-3 | EBV-4 | EBV-5 | EBV-6 |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Capacidade de guincho principal (kN) | 350 | 350 | 350 | 350 | 300 | 300 |
| Vão (m) | 10,6 | 10,6 | 10,6 | 10,6 | 10,5 | 10,5 |
| Curso do Moitão principal(m) | 19,78 | 15,30 | 15,64 | 17,15 | 13,63 | 13,63 |
| Extensão do Caminho de Rolamento (m) | 41,15 | 41,15 | 41,15 | 41,15 | 33,35 | 33,35 |

4.3.3 Sistema de Água de Drenagem, Esvaziamento e Enchimento

As águas de infiltração dos diversos pisos e galerias são dirigidas ao poço úmido da unidade de bombeamento nº 1 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.

4.3.4 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 conjuntos compressor/quadro de comando/reservatório de ar, tubulações, válvulas e acessórios.

4.3.5 Sistema de Água de Serviço e de Água Potável

O sistema fornece água de serviço para o atendimento dos sanitários, pia da sala de baterias, limpeza de pisos 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.

O sistema de água potável será realizado através de bebedouros, com garrafas d'água de 20 litros sendo transportadas ao local, juntamente com as equipes em visita.

4.3.6 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.



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

4.3.7 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.

4.3.8 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.

4.3.9 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”, com condensação a ar.

4.3.10 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.

4.3.11 Sistema Antiincêndio

O sistema antiincêndio será constituído basicamente de extintores portáteis do tipo CO₂, pó químico seco e água pressurizada, acionamento manual e instalações sobre paredes nas diversas áreas internas da Casa de Bombas

4.4 Equipamentos Elétricos da Estação de Bombeamento

4.4.1 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, Tomadas de Uso Difuso e Estruturas de Derivação do Trecho V.

Serão em número de cinco (05), sendo uma para cada Estação de Bombeamento, a menos da última, a sexta, que será alimentada pela Estação de Bombeamento EBV-5 por estarem próximas.

As implantações das subestações foram projetadas na margem esquerda do canal, aproximadamente a 80 m a jusante 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 E1, que alimenta a Estação de Bombeamento EBV-1, ponto de captação do Reservatório de Itaparica, particularmente terá uma área destinada ao Centro de Controle e Operação (CCO)



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

4.4.2 Motores Elétricos e Equipamentos Associados

Cada estação de bombeamento terá cinco 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 EBV-1, EBV-3 e EBV-4 são compostos por 5 motores síncronos, partida suave *soft starter*, sendo 1 motor de reserva, com as características:

| | |
|--------------------|----------|
| Potência Nominal | 5.300 kW |
| Tensão Nominal | 6.900 V |
| Freqüência Nominal | 60 Hz |
| Fator de Potência | 1 |
| Rotação Nominal | 360 rpm |

Os Motores e Equipamentos Associados da EBV-2 são compostos por 5 motores síncronos, partida suave *soft starter*, sendo 1 motor de reserva, com as características:

| | |
|--------------------|----------|
| Potência Nominal | 3.600 kW |
| Tensão Nominal | 6.900 V |
| Freqüência Nominal | 60 Hz |
| Fator de Potência | 1 |
| Rotação Nominal | 360 rpm |

Os Motores e Equipamentos Associados da EBV-5 são compostos por 5 motores síncronos, partida suave *soft starter*, sendo 1 motor de reserva, com as características:

| | |
|--------------------|----------|
| Potência Nominal | 2.200 kW |
| Tensão Nominal | 6.900 V |
| Freqüência Nominal | 60 Hz |
| Fator de Potência | 1 |
| Rotação Nominal | 450 rpm |

Os Motores e Equipamentos Associados da EBV-6 são compostos por 5 motores síncronos, partida suave *soft starter*, sendo 1 motor de reserva, com as características:

| | |
|--------------------|---------|
| Potência Nominal | 3400 kW |
| Tensão Nominal | 6.900 V |
| Freqüência Nominal | 60 Hz |
| Fator de Potência | 1 |
| Rotação Nominal | 450 rpm |



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

4.4.3 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 e os transformadores auxiliares.

4.4.3.1 Sistema de Distribuição de Média Tensão para EBV-1, EBV-2, EBV-3 e EBV-4

O Sistema de Distribuição de Média Tensão, na tensão de 6.900 V, trifásico das EBV's acima será constituído por:

- 2 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;
- 5 cubículos para alimentação dos motores, cada um composto por: disjuntor, transformadores de corrente, transformadores de potencial, sistema de proteção e sistema de medição;
- 1 cubículo de interligação composto 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;

4.4.3.2 Sistema de Distribuição de Média Tensão para EBV-5

O Sistema de Distribuição de Média Tensão, na tensão de 6.900 V, trifásico da EBV acima será constituído por:

- 2 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;
- 5 cubículos para alimentação dos motores, cada um composto por: disjuntor, transformadores de corrente, transformadores de potencial, sistema de proteção e sistema de medição;
- 1 cubículo de interligação composto 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 as linhas de transmissão 6,9 kV de alimentação da EBV-6, cada um composto por: disjuntor, transformadores de corrente, transformadores de potencial, pára-raios, sistema de proteção e sistema de medição;
- 1 cubículo para alimentação da linha de transmissão 6,9 kV composto por: disjuntor, transformadores de corrente, transformadores de potencial, pára-raios, sistema de proteção e sistema de medição.



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

4.4.3.3 Sistema de Distribuição de Média Tensão para EBV-6

O Sistema de Distribuição de Média Tensão, na tensão de 6.900 V, trifásico da EBV acima será constituído por:

- 2 cubículos de entrada proveniente da EBV-5, cada um composto por: disjuntor, transformadores de corrente, sistema de proteção, sistema de medição e sistema de intertravamento;
- 5 cubículos para alimentação dos motores, cada um composto por: disjuntor, transformadores de corrente, transformadores de potencial, sistema de proteção e sistema de medição;
- 1 cubículo de interligação composto 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;
- 1 cubículo 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.

4.4.4 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 6.900 V, trifásico, que deverão ser fornecidas de acordo com a potência dos motores, apresentadas no item 4.4.2

4.4.5 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.

4.4.5.1 Sistema de Serviços Auxiliares de Corrente Alternada para EBV-1, EBV-2, EBV-3, EBV-4 e EBV-5

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

- 2 transformadores trifásicos, 6.900-380/220 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;



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

- 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.

4.4.5.2 Sistema de Serviços Auxiliares de Corrente Alternada para EBV-6

O Sistema de Serviços Auxiliares de Corrente Alternada, na tensão de 380/220 V, trifásico da EBV-6 será constituído por:

- 2 transformadores trifásicos, 6.900-380/220 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 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.

4.4.6 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.

4.4.6.1 Sistema de Serviços Auxiliares de Corrente Contínua para EBV-1, EBV-2, EBV-3, EBV-4, EBV-5 e EBV-6

O Sistema de Serviços Auxiliares de Corrente Contínua, na tensão de 125 Vcc, positivo e negativo isolados de cada EBV 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.

4.4.7 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, em 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



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

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.

4.4.8 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.

4.4.9 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.

4.4.9.1 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 mm²;
- Cabos de energia, em baixa tensão (0,6 a 1 kV) serão cabos de três (03) condutores com seção mínima de 4 mm² e máxima de 50 mm² e, cabos de 1 condutor para seções superiores a 50 mm²;
- Cabos de energia, em média tensão (maior que 1 kV) serão cabos de um (01) condutor com seção mínima de 25 mm²;
- Cabos tipo telefônico, multipares, blindados para Sistema de Controle Digital.



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

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.

4.4.10 Sistema de Aterramento

O sistema de aterramento foi dimensionado conforme norma IEEE 80/1976 levando em consideração um solo com resistividade de 1000 Ωm . 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 mm² 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 mm².

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.

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

4.4.11 Sistema de Proteção Atmosférica

Todas as instalações deverão ter seus equipamentos e materiais protegidos 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.

4.5 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.



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

4.5.1 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.

4.5.1.1 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, subestações, estruturas de controle, estrutura de derivação e tomadas d'água de uso difuso. 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 duas 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 por ambas as UACs da subestação de maneira a evitar que exista indisponibilidade de bombeamento no caso de perda de uma delas.

Está prevista 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.

Está prevista ainda uma UAC para aquisição de dados para cada estrutura de controle, estrutura de derivação e tomada d'água de uso difuso. Através da UAC serão executados comandos de comportas, válvulas, moto-bombas e aquisições de dados como vazão, níveis, estados, etc.

4.5.1.2 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



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

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.

4.5.1.3 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 seis estações de bombeamento, sistemas de transmissão de 230 e 6,9kV, estruturas de controle, tomadas d'água de uso difuso, estruturas de derivação 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 EBV-1.

4.6 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.

4.6.1 Sistema de Telefonia

Permitirá a comunicação telefônica entre o Centro de Controle e Operação (CCO) e as Estações de Bombeamento (EBVs), entre as EBVs e o CCO e as EBVs 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 EBVs, interligados através do Sistema de Transmissão com a Central do CCO. Tanto no CCO quanto nas EBVs 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.

4.6.2 Sistema de Transmissão

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



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

A comunicação entre o CCO, as EBVs, as Estruturas de Controle, Tomadas D'água de Uso Difuso e Estruturas de Derivação 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 EBVs 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 necessários.

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.

4.6.3 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.

5 . CONDUTOS FORÇADOS

Para implantação do conduto forçado inicialmente será escavada uma vala, efetuando-se o assentamento da tubulação no interior desta, sendo posteriormente executado o seu reaterro, conforme pode ser verificado nos seguintes desenhos:

- EBV-1 desenhos: EN.B/V.DS.ME.0104;
- EBV-2 desenhos: EN.B/V.DS.ME.0204;
- EBV-3 desenhos: EN.B/V.DS.ME.0304;
- EBV-4 desenhos: EN.B/V.DS.ME.0404;
- EBV-5 desenhos: EN.B/V.DS.ME.0504;
- EBV-6 desenhos: EN.B/V.DS.ME.0604.

A vala será escavada no terreno natural junto à estrutura da casa de bombas, bem como no aterro do *forebay* de jusante.

A tubulação de aço poderá ser instalada em berço de argamassa pobre executada sobre o terreno natural, efetuando-se posteriormente a soldagem dos segmentos da tubulação.

Para garantir um reaterro de envoltória da tubulação com boa aderência à esta e resistência a erosão, uma vez que a rampa possui elevada declividade (1V:3H), prevê-se que este seja constituído por argamassa pobre até a meia seção do tubo. A partir daí o reaterro será feito com material



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

argiloso compactado protegido superficialmente com 0,40 m de material granular para evitar o trincamento por ressecamento da argila.

Nos dois lados da vala serão executados drenos constituídos de tubo de PVC perfurado envolto em brita e geotextil para coleta de eventuais águas de infiltração.

Em cada uma das Estações de Bombeamento, há dois condutos forçados, os quais interligam as descargas das bombas à estrutura 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 enterrados. As extremidades de jusante dos condutos são engastadas na estrutura de concreto do sifão. As características principais dos condutos estão apresentadas na tabela a seguir.

| ESTAÇÃO | EBV-1 | EBV-2 | EBV-3 | EBV-4 | EBV-5 | EBV-6 |
|----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Diâmetro Nominal (pol) | 88 | 88 | 88 | 88 | 72 | 72 |
| Diâmetro Nominal (mm) | 2.235,2 | 2.235,2 | 2.235,2 | 2.235,2 | 1.828,8 | 1.828,8 |
| Extensãodo Trecho Reto (m) | 168,16 | 103,98 | 172,05 | 158,70 | 107,03 | 173,83 |

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.

6 . ESTRUTURA DE DESÁGÜE

A estrutura de deságüe é do tipo sifão, de auto-escorva e 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:

- EBV-1 desenhos: EN.B/V.DS.ET.0151 a 0152;
- EBV-2 desenhos: EN.B/V.DS.ET.0251 a 0252;
- EBV-3 desenhos: EN.B/V.DS.ET.0351 a 0352;
- EBV-4 desenhos: EN.B/V.DS.ET.0451 a 0452;
- EBV-5 desenhos: EN.B/V.DS.ET.0551 a 0552;
- EBV-6 desenhos: EN.B/V.DS.ET.0651 a 0652.

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

A geometria da estrutura de deságüe foi determinada de modo a permitir a auto-escova durante as operações de bombeamento, com duas bombas funcionando em paralelo e aduzindo água no respectivo conduto forçado.

O sistema de aeração tem como função interromper a coluna de água aduzida através do conduto forçado, durante uma eventual parada de emergência das unidades de bombeamento, por falta de energia elétrica. Há dois sistemas de aeração, um operacional e o outro de reserva. Os sistemas são compostos de válvulas borboletas, de abertura automática por contrapeso, respectivos trechos de tubulação e grades de proteção.



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

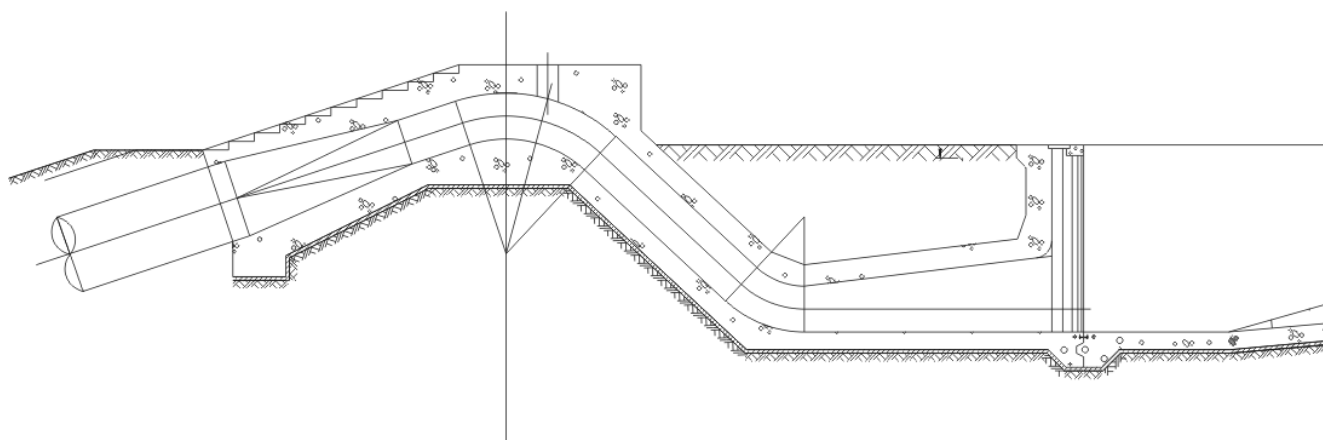


Figura 2

ESTRUTURA DE DESÁGÜE – NÍVEIS NOTÁVEIS

| NÍVEL(m) | EBV-1 | EBV-2 | EBV-3 | EBV-4 | EBV-5 | EBV-6 |
|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| NA MÍNIMO | 360,48 | 399,38 | 457,89 | 508,22 | 539,61 | 597,48 |
| NA NORMAL | 362,10 | 401,00 | 459,50 | 509,83 | 541,00 | 598,87 |
| NA MAX. NORMAL | 362,23 | 401,21 | 459,65 | 509,83 | 541,23 | 598,88 |
| COROAMENTO | 362,53 | 401,51 | 460,00 | 510,31 | 541,77 | 599,37 |
| NA MAX. MAX. | 362,23 | 401,21 | 459,70 | 510,01 | 541,47 | 599,07 |
| TETO DO SIFÃO | 364,00 | 402,90 | 461,40 | 511,73 | 542,60 | 600,47 |
| FUNDO DO SIFÃO | 362,70 | 401,60 | 460,10 | 510,43 | 541,60 | 599,47 |
| FUNDO DA SAIDA | 357,23 | 396,13 | 454,64 | 504,97 | 536,70 | 594,57 |

Esta estrutura, moldada em concreto armado, está assente sobre aterro compactado através de uma laje *radier* de espessura variável com 1,0m a montante e 0,5 a jusante, possuindo na chegada da tubulação adutora uma transição de seção circular para retangular. As dimensões em planta desta estrutura são indicadas abaixo.

| ESTAÇÃO | EBV-1 a V-4 | EBV-5 e V-6 |
|-------------------------|-------------|-------------|
| LARGURA DE MONTANTE (m) | 9,14 | 7,69 |
| LARGURA DE JUSANTE (m) | 12,16 | 11,16 |
| COMPRIMENTO (m) | 23,16 | 17,91 |

Após a transição, o circuito hidráulico prossegue com seção no formato retangular com largura constante até desembocar na câmara de descarga.

A estrutura que antecede a câmara de descarga é provida de ranhuras para dois conjuntos de *stop-logs* que serão utilizados para uma eventual manutenção do circuito hidráulico.

A câmara de descarga é formada por uma estrutura de formato trapezoidal, em planta, possuindo uma laje de fundo de 0,50m de espessura e paredes laterais de espessura variável, formada por dois



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

planos, um vertical e outro inclinado, com contrafortes de 0,30m de espessura a cada 5,0m aproximadamente. Sob esta laje foi instalado um sistema de drenagem de modo a reduzir as subpressões.

As dimensões em planta desta estrutura são:

| ESTAÇÃO | EBV-1 a V-4 | EBV-5 e V-6 |
|-------------------------|--------------------|--------------------|
| LARGURA DE MONTANTE (m) | 12,20 | 11,20 |
| LARGURA DE JUSANTE (m) | 34,00 | 28,00 |
| COMPRIMENTO (m) | 22,67 | 26,49 |

Com a finalidade de assegurar a ação independente entre a estrutura do sifão e a câmara de deságüe, foi projetada uma junta de contração estanque através da instalação de um veda-junta *fugenband* tipo O-22. No trecho horizontal desta junta, foi projetada uma chaveta que tem por finalidade evitar a instalação de recalques diferenciais entre as duas estruturas, protegendo assim o vedajunta contra a distensão excessiva. Da mesma forma foram projetadas juntas de contração estanques no centro da câmara de deságüe e na sua ligação com o *forebay* de jusante.

Para as estruturas de deságüe foi adotada a classe de concreto B, que apresenta $f_{ck}=25\text{MPa}$ aos 28 dias.