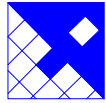




**MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL
SECRETARIA DE INFRA-ESTRUTURA HÍDRICA**



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
R1 – DESCRIÇÃO DO PROJETO**



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico



FUNCATE - Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais

TRECHO V – EIXO LESTE R1 – DESCRIÇÃO DO PROJETO

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 R1 – Descrição do Projeto. – São José dos Campos: Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais – FUNCATE, 2000.

53 p

1. Transposição de Águas
- I. Trecho V – Eixo Leste – R1 – Descrição do Projeto

CDU 556.5

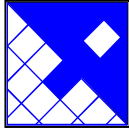
FUNCATE:

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.0001	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
R1 - DESCRIÇÃO DO PROJETO**

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 R1 – DESCRIÇÃO DO PROJETO, 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 . LOCALIZAÇÃO	1
3 . HISTÓRICO	1
3.1 Síntese	1
3.2 Estudos Anteriores	5
4 . DESCRIÇÃO GERAL E OPERAÇÃO DO SISTEMA DE TRANSPOSIÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO - EIXO LESTE	6
4.1 Descrição Geral.....	6
4.1.1 Operação do sistema	8
5 . FICHA TÉCNICA	9
5.1 Sistema de Captação	9
5.1.1 Localização e Vazão de Captação	9
5.1.2 Características Operacionais do Reservatório.....	9
5.1.3 Dimensionamento Hidráulico.....	10
5.2 Estações de Bombeamento.....	10
5.2.1 Aspectos Hidráulicos.....	10
5.2.2 Aspectos Geológicos.....	11
5.2.3 Aspectos Geotécnicos.....	11
5.2.4 Características Gerais da Casa de Bombas.....	12
5.3 Tomada d'Água	12
5.3.1 Características Gerais.....	12
5.3.2 Equipamentos Mecânicos da Tomada d'Água	13
5.3.3 Sistemas de Auxiliares Mecânicos das Estações de Bombeamento	14
5.3.4 Equipamentos Elétricos da Estação de Bombeamento	14
5.4 Sistema Digital de Supervisão e Controle SDSC	16
5.4.1 Estrutura Hierárquica do Sistema.....	17
5.4.2 Equipamentos de Telecomunicação.....	17
5.5 Conduitos Forçados	18
5.6 Estrutura de Deságüe	19
5.7 Canais	20
5.7.1 Aspectos Hidráulicos.....	20
5.7.2 Aspectos Geológicos.....	20
5.7.3 Aspectos Geotécnicos.....	23



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

5.7.4 Aspectos Estruturais	23
5.8 Aquedutos	23
5.8.1 Aspectos Hidráulicos.....	24
5.8.2 Aspectos Geológicos.....	24
5.8.3 Aspectos Geotécnicos.....	26
5.8.4 Aspectos Estruturais	26
5.9 Tomadas D' Água de Usos Difusos	26
5.10 Tomadas D'Água de Derivação	28
5.11 Estruturas de Controle de Superfície	28
5.11.1 Equipamentos Mecânicos das Estruturas de Controles.....	29
5.12 Adução por Tubulação	30
5.12.1 Equipamentos Mecânicos da Estrutura de Transição Canal-Tubulação	31
5.13 Túnel	32
5.13.1 Aspectos Geológicos.....	32
5.13.2 Aspectos Geotécnicos.....	33
5.13.3 Aspectos Estruturais	33
5.14 Pontes e Passarelas.....	33
5.14.1 Ponte Tipo 1A ou 1B	34
5.14.2 Ponte Tipo 1C	34
5.14.3 Ponte Tipo 2.....	34
5.14.4 Ponte Tipo 3.....	34
5.14.5 Passarelas	35
5.15 Barragens	35
5.15.1 Classificação	35
5.15.2 Barragem de Areias	36
5.15.3 Barragem de Braúnas	37
5.15.4 Dique do Braúnas	38
5.15.5 Barragem Mandantes.....	39
5.15.6 Barragem de Slgueiro	40
5.15.7 Barragem de Muquém.....	41
5.15.8 Dique Cacimba Nova	42
5.15.9 Barragem de Bagres	43
5.15.10 Dique de Bagres	44
5.15.11 Barragem de Copiti	45
5.15.12 Dique de Moxoró.....	46
5.15.13 Barragem de Barreiros	47



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

5.15.14 Barragem de Campos	48
5.16 Vertedouros	49
6 . RELAÇÃO DAS OBRAS DO TRECHO V – EIXO LESTE.....	50



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

1 . OBJETO E OBJETIVO

O objeto deste relatório é o Projeto de Transposição de Águas do Rio São Francisco para o Nordeste Setentrional e o seu objetivo é a descrição geral do sistema no Trecho V, Eixo Leste.

2 . LOCALIZAÇÃO

O Projeto de Transposição de Águas do Rio São Francisco – Eixo Leste - localiza-se nos Estados de Pernambuco e da Paraíba, desenvolvendo-se a partir do Reservatório de Itaparica, no município de Floresta em Pernambuco, em direção à cidade de Monteiro na Paraíba, atravessando a divisa com o Estado da Paraíba no túnel Monteiro, tendo uma extensão de 216,6 km até o ponto de entrega no Açude Poções, na Paraíba.

O marco zero do eixo do sistema adutor encontra-se no reservatório de Itaparica, nas coordenadas UTM Norte 9.026.821,821 e Leste 565.692,994. O último marco do eixo, nas proximidades do Açude Poções, tem coordenadas UTM Norte 9.128.829,580 e Leste 715.188,254.

O desenvolvimento esquemático do eixo em planta e perfil encontra-se nas figuras 2.1 e 2.2.

3 . HISTÓRICO

3.1 Síntese

As cogitações acerca da transposição das águas do rio São Francisco praticamente datam da formação do Estado Nacional.

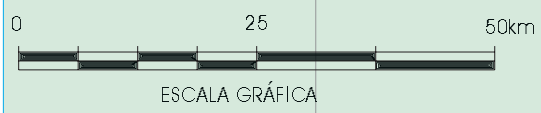
Com efeito, o drama social resultante das secas periódicas que afetam a região do semi-árido nordestino começou a ser sentido com o afluxo da população que nele veio a se instalar a partir do descobrimento do país. Crônicas e documentos oficiais do período colonial relatam a gravidade do problema e descrevem o início das migrações de flagelados em busca de trabalho em outras regiões não afetadas pelo fenômeno. Na época, além das migrações, teve início o que hoje se denomina fase humanitária, cujo pensamento dominante era salvar o flagelado da fome. Assim, na seca de 1.721 à 1.727, a Coroa Portuguesa enviou três navios de mantimentos, determinando que todo aquele que recebesse alimento deveria ser recrutado para trabalhos de melhoramento das vilas, dando início à distribuição de cestas básicas e formação das frentes de trabalho ou de emergência, esquema que perdura até hoje, com poucas modificações.

A busca científica de soluções para controlar os efeitos devastadores das secas periódicas que assolam a região teve início durante o Período Imperial (1.822-1.889), onde teve importância a criação, em 1.838, do Instituto Histórico e Geográfico Brasileiro. Uma fase de reconhecimento praticamente começou com a primeira missão da sua Comissão Científica de Exploração-Geológica e Mineralógica, Botânica, Zoológica, Astronômica e Geográfica, Etnográfica e Narrativa da Viagem que, em 1.859, se dirigiu à Província do Ceará, onde se dizia existirem grandes jazidas de metais preciosos em suas montanhas. Embora as secas estivessem distantes das cogitações da Comissão, uma vez concluída sua missão, as recomendações do seu chefe, Barão de Capanema, vieram a destacar a necessidade de melhoria dos meios de transporte e de armazenamento de água - construção de 30 açudes e abertura de um canal ligando o rio São Francisco (perene) ao Jaguaribe (este referido como o maior rio seco do mundo).

Antes disso, o flagelo climático já era considerado um problema nacional, de tal forma que nas instruções baixadas a 8 de abril de 1.857, assim como nas aprovadas a 25 de janeiro de 1.859,



PROJETO DA TRANSPOSIÇÃO DE
 ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO
 EIXO LESTE - TRECHO V
 LOCALIZAÇÃO
FIGURA 2.1



LINHA A PARTIR DA UHE PAULO AFONSO

RESERVATÓRIO DE ITAPARICA

BAHIA

ALAGOAS

PERNAMBUCO

PARAÍBA

CONCEIÇÃO

SÃO JOSÉ DO EGITO

SERRA BRANCA

Açude Boqueirão ou Açude Público Epitácio Pessoa

AFOGADOS DA INGAZEIRA

Açude Poções

MONTEIRO

RES. CAMPOS

SERRA TALHADA

SANTA CRUZ DO CAPIBARIBE

RES. MOXOTÓ RES. BARREIRO

EBV-6

CUSTÓDIA

Açude Barreiro

LT 230kV

Açude Branco

Açude Serrinha

Açude Caetitu

RES. BAGRES

RES. COPITI

Açude Pão de Açúcar

PESQUEIRA

BELO JARDIM

RES. CACIMBA NOVA

EBV-4

ARCOVERDE

Açude Barra do Juá

Açude Público Poço da Cruz

SÃO BENTO DO UNA

CACHOEIRINHA

FLORESTA

RES. SALGUEIRO

RES. MUQUÉM

RES. BRAUNAS

EBV-3

RES. AREIAS

RES. MANDANTES

EBV-1

EBV-2

LT 230kV

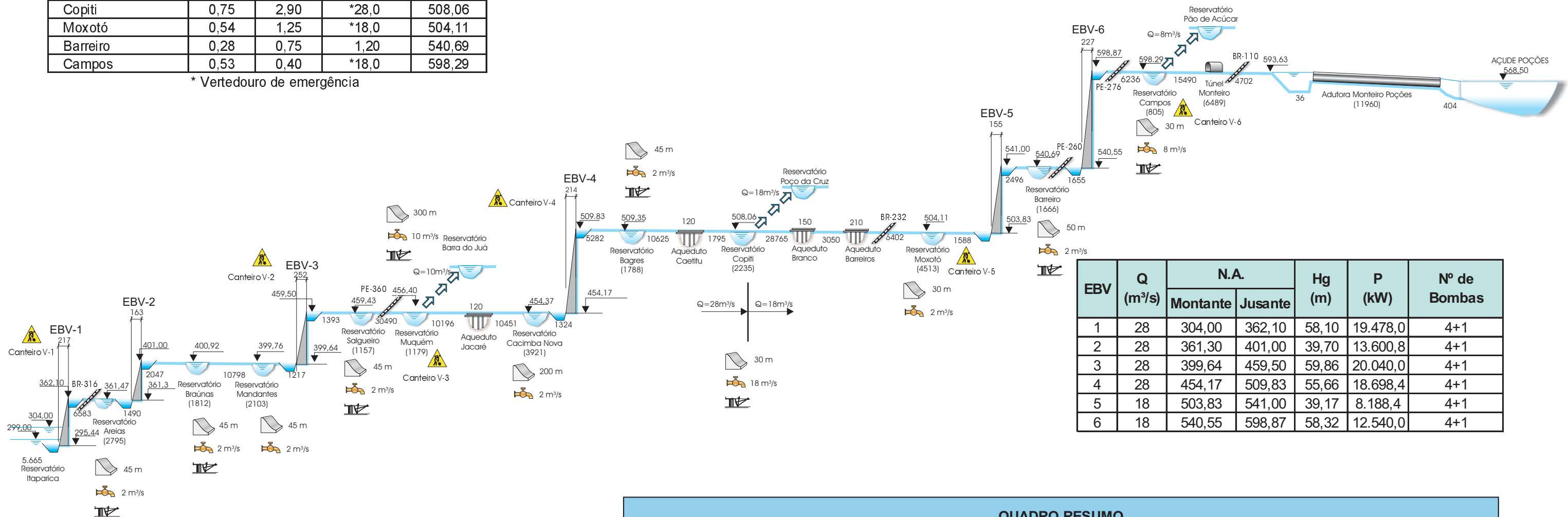
GARANHUNS

LAGEDO

CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DOS RESERVATÓRIOS

Reservatório	Área x10 ⁶ m ²	Volume x10 ⁶ m ³	Vazão do Vertedouro (m ³ /s)	NA Normal msnm
Areias	1,45	6,25	*28,0	361,47
Braúnas	1,13	14,20	*28,0	400,92
Mandantes	0,74	2,60	*28,0	399,76
Salgueiro	1,00	5,25	*28,0	459,43
Muquém	0,86	2,85	86,00	456,40
Cacimba Nova	0,60	1,85	48,00	454,37
Bagres	0,89	2,50	*28,0	509,35
Copiti	0,75	2,90	*28,0	508,06
Moxotó	0,54	1,25	*18,0	504,11
Barreiro	0,28	0,75	1,20	540,69
Campos	0,53	0,40	*18,0	598,29

* Vertedouro de emergência



EBV	Q (m ³ /s)	N.A.		Hg (m)	P (kW)	Nº de Bombas
		Montante	Jusante			
1	28	304,00	362,10	58,10	19.478,0	4+1
2	28	361,30	401,00	39,70	13.600,8	4+1
3	28	399,64	459,50	59,86	20.040,0	4+1
4	28	454,17	509,83	55,66	18.698,4	4+1
5	18	503,83	541,00	39,17	8.188,4	4+1
6	18	540,55	598,87	58,32	12.540,0	4+1

QUADRO RESUMO

Vazão (m ³ /s)	Extensões (m)						Níveis d'água (msnm)		Desnível (m)	E.B. (un)
	Total	Reservatórios	Canais *	Aqueduto	Túnel	EBs e Tubulações**	Início	Fim		
28/18	216.651	23.974	169.740	600	6.489	3.448	299,00	598,87	299,87	6

* Incluídas as transições

** Incluídos os forebays

PROJETO DA TRANSPOSIÇÃO DE
ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO
EIXO LESTE - TRECHO V
CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS

FIGURA 2.2

LEGENDA

- Canteiros
- Vertedouro
- Tomada D'Água
- Comportas
- Estradas Pavimentadas



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

recomendava-se que “nos lugares em que sequem os rios ou sujeitos ao flagelo das secas, procedam-se às sondagens indicativas para a abertura de poços artesianos”.

Não obstante, esta fase de reconhecimento caracteriza-se pela realização dos primeiros levantamentos objetivando a implantação de obras - açudes, estradas e perfuração de poços, principalmente. Na seca de 1.846, o Governo Provincial do Ceará foi autorizado a criar a empresa Ceará Water Supply Co, a qual contratou a firma Armstrong & Sons Drillers, do Texas-USA, para perfurar poços artesianos para abastecimento da cidade de Fortaleza, cujas cacimbas e riachos haviam secado. A empreitada resultou num fiasco, tendo em vista que os três poços perfurados não resultaram ser artesianos e, com o retorno das chuvas, as cacimbas voltaram a ser utilizadas para abastecimento. Por sua vez, a construção do primeiro açude, o do Cedro em Quixadá, teve início em 1884, mas os trabalhos tiveram um desenvolvimento muito irregular, assim como as chuvas, e só foram concluídos em 1906, ou seja, 22 anos depois.

Na Primeira República (1.889-1.930), as sucessivas secas (1.900, 1.902, 1.907/1.908) institucionalizaram definitivamente a necessidade da intervenção do poder público como resposta orgânica ao desafio incessante do flagelo que atingia a população do semi-árido. Esta fase inicia-se com a criação da Inspetoria de Obras Contra as Secas (IOCS-Decreto 7.619, de 1.909). Foram contratados especialistas estrangeiros para realizar os primeiros estudos das águas subterrâneas do Nordeste, elaborando-se o mapa referente ao canal São Francisco-Jaguaribe, em 1.913. O IOCS atravessou os impactos climáticos de 1.915 e teve a sua denominação alterada para Inspetoria Federal de Obras Contra as Secas, IFOCS, na seca de 1.919 (Dec. 13.687 –1.919). Esta nova agência passou a considerar o problema das secas numa visão geográfica muito ampla, com desenvolvimento de trabalhos pioneiros de Geologia, Hidrogeologia, Meteorologia, Botânica, Cartografia etc.

No final do Estado Getulista (1.930-1.945), pelo Decreto-Lei Nº 8.486, de 28.12.45, a IFOCS é reorganizada, passando a denominar-se Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS).

As secas periódicas - menos intensas a cada 5-6 anos e mais graves e extensas a cada 10-11 anos - que ocorrem na região têm sido enfrentadas pelo DNOCS, destacando-se as seguintes alternativas de soluções:

- solução hidráulica, ou hídrica, aconselhada pela engenharia civil, resultando na perfuração de dezenas de milhares de poços e construção de milhares de açudes públicos e privados;
- solução florestal, resultando nas tentativas de reflorestamento sistemático e intensivo de muitas áreas seriamente degradadas;
- solução do solo (*dry farming*) - lavoura seca e culturas de vazantes;
- solução pela provocação de chuvas artificiais e previsão do tempo, ambas iniciativas especulativas, improvisadas e empíricas, devido à falta de estudos de longo prazo e sistemáticos;
- solução da irrigação, onde os agricultores, na sua maioria absoluta, não são adequadamente treinados nos conceitos que regem a boa técnica de irrigar, predominando o fornecimento de água em excesso no intuito de irrigar melhor. Lamentavelmente, as elevadas taxas de evaporação da água assim espalhada engendraram processos de salinização e o aparecimento de pragas que reduzem a produtividade e qualidade dos produtos agrícolas e,
- solução de irrigação social, onde prevaleceu (até recentemente) a tese de que o caráter social do investimento público teria obrigatoriamente como prioridade pessoas situadas abaixo do nível de pobreza e para produção de subsistência, modelo que reproduz as condições de miséria, desemprego e êxodo rural crescentes. Nessa abordagem, não foi considerado que melhorias sociais também poderiam ser alcançadas no âmbito da



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

economia de mercado, com proposta ancorada em empresas capazes de irrigar produtos nobres, com alta tecnologia e produtividade, abrindo as portas dos mercados nacionais e externos, criando emprego digno e apoiando pequenos produtores (produção integrada).

A SUDENE, criada em 1.958, representou um esforço de mudança destas práticas assistencialistas e da construção desmesurada de açudes sem critérios hidrológicos ou de uso, ou na perfuração empírica e improvisada de poços. Buscou-se uma ação mais duradoura de desenvolvimento planejado fundamentada no conhecimento dos potenciais hídricos, em geral, e da água subterrânea, em particular, do Nordeste.

Não obstante tais intenções e todas as ações desenvolvidas, a distribuição de cestas básicas e a formação das frentes de trabalho ou de emergência, infelizmente, perpetuam-se até hoje, acrescidas da distribuição de água através de caminhões-pipa e trens-de-água para um número muito grande de municípios.

3.2 Estudos Anteriores

A idéia da transposição de águas do rio São Francisco já foi objeto de vários estudos. Muitos esquemas foram propostos, mas todos tiveram caráter preliminar, por carecerem de um maior embasamento técnico-científico.

Pode-se afirmar que os primeiros estudos realizados em nível técnico adequado às dimensões de um empreendimento de tal magnitude foram os promovidos pelo DNOS - Departamento Nacional de Obras de Saneamento, a partir de 1.981.

Nessa ocasião foi contratado com o Consórcio Noronha-Hidroterra um anteprojeto de engenharia para estudar a derivação de água do rio São Francisco para regiões semi-áridas do Nordeste e, com o PROJETO RADAMBRASIL, um reconhecimento mais detalhado de solos e classificação de terras para irrigação, em áreas selecionadas a partir de estudos realizados anteriormente.

Estes estudos mostraram a viabilidade técnico-econômica da transposição como uma alternativa estrutural para irrigação e abastecimento de uma ampla região do semi-árido nordestino.

Visando completar as estimativas preliminares e as possibilidades técnicas com dados econômicos e sociais mais aprofundados, o DNOS contratou ao Consórcio Hidroservice-PRC Engineering a realização de estudos para aproveitamento integrado dos recursos de água e solos do semi-árido nordestino, levando em consideração os recursos hídricos a serem transpostos a partir do rio São Francisco. A este consórcio, aliou-se uma equipe do USBR-United States Bureau of Reclamation, resultando na elaboração do documento denominado “Plano de Ação para Irrigação do Semi-Árido complementada com águas do São Francisco”.

Os estudos também concluíram que o projeto de irrigação do Nordeste Semi-Árido, contando com a transposição de águas do São Francisco, era uma alternativa com validade técnica, econômica, social e financeira para o desenvolvimento dessa região. Ao mesmo tempo, indicaram uma série de medidas a serem adotadas nos programas de estudos, projetos e implantações de obras, nas etapas subseqüentes do projeto de transposição.

Em decorrência de alterações ocorridas na estrutura administrativa do país na primeira metade dos anos 90, onde se inseriu a extinção do DNOS, cujas atribuições foram pulverizadas entre organismos estaduais e federais que atuam em áreas similares, o projeto de transposição sofreu solução de continuidade.

Assim, não obstante o projeto tivesse sua viabilidade confirmada pelos estudos citados acima, e que foram plenamente concluídos e aprovados até meados de 1.987, somente em julho de 1994 o então Ministério da Integração Regional, através de sua Secretaria de Irrigação, lançou uma licitação pública para a elaboração do projeto básico da transposição.



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

Tendo motivos legais impedido a efetivação desta concorrência, o Ministério decidiu assumir a tarefa através de administração direta. Para tanto, mobilizou equipes técnicas próprias e de outros ministérios e de órgãos estaduais diretamente interessados no projeto.

Os estudos, efetuados até o nível de projeto básico, foram realizados a partir da documentação gerada pelo anteprojeto desenvolvido pelo Consórcio Noronha-Hidroterra, complementados por novos e mais detalhados estudos topográficos e geotécnicos.

O projeto compreendeu os sistemas de captação, adução, drenagem, viário, automação e elétrico. Foram, também, identificadas e quantificadas as áreas a serem desapropriadas para a implantação das obras, definido o cronograma físico de construção, determinados os quantitativos e orçamentos, e efetuadas recomendações sobre serviços a serem realizados na fase de projeto executivo.

Os resultados destes estudos, que abarcam os 2 (dois) primeiros trechos do anteprojeto, constam do relatório “Projeto de Derivação das Águas do Rio São Francisco para Regiões Semi-Áridas dos Estados de Pernambuco, Ceará, Paraíba e Rio Grande do Norte”, editado pelo MIR - Secretaria de Irrigação, em dezembro de 1.994.

Com a nova administração federal, o projeto só veio a ser retomado em 1.997, através da realização de licitações públicas e contratação de empresas consultoras para reestudo de engenharia (viabilidade) e detalhamento do projeto básico do Trecho I, com redução da vazão média para cerca de 65 m³/s; estudos de inserção regional do empreendimento; e estudos ambientais na área de influência direta e indireta do projeto.

Entre 1.999 e 2.000 foram desenvolvidos os estudos de viabilidade, de inserção regional e ambientais de todo o sistema, a cargo do Consórcio Engecorps-Harza, VBA e do Consórcio Jaakko Pöyry-Tahal, respectivamente.

Ainda no ano de 2.000 foram desenvolvidos os projetos básicos dos trechos I e V sob a responsabilidade do Consórcio Engecorps- Harza e da própria Funcate, respectivamente.

4 . DESCRIÇÃO GERAL E OPERAÇÃO DO SISTEMA DE TRANSPOSIÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO - EIXO LESTE

4.1 Descrição Geral

O Trecho V - Eixo Leste da Transposição do Rio São Francisco, começa na margem esquerda do reservatório de Itaparica, próximo a foz do rio Mandantes. As figuras 2.1 e 2.2 esquematizam o sistema.

A partir dos estudos de inserção regional e das otimizações nos estudos de viabilidade, estabeleceu-se a evolução das demandas de consumo de água ao longo do traçado e nos pontos de entrega, chegando-se, para o Eixo Leste a um valor máximo de bombeamento de 28,0 m³/s, denominada capacidade instalada nominal de bombeamento.

O sistema de transposição compõe-se de (06) seis elevatórias, todas elas com (05) cinco bombas instaladas sendo uma de reserva. As Elevatórias 1,2,3 e 4 têm capacidade total de 28,0 m³/s, ou seja, 7,0 m³/s por bomba.

Após a estação 4, as elevatórias seguintes EB 5 e 6 passam a ter capacidade total de bombeamento de 18,0 m³/s, ou seja, 4,5 m³/s por bomba.

Imediatamente a montante e jusante das estações de bombeamento existem câmaras de carga dimensionadas para reduzir as oscilações de níveis d'água nas partidas e paradas das bombas. Essas estruturas foram denominadas *forebays*.



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

Para as elevatórias 1,2,3 e 4 os *forebays* de montante e jusante foram dimensionados com 198,57 m de comprimento e para as elevatórias 5 e 6 foram dimensionados com 157,39 m de comprimento, incluindo-se as transições, sujeitas às reais condições topográficas.

As outras estruturas do sistema são as seguintes:

- Canal trapezoidal com 14,0m de largura de base e taludes 1H:2V, protegidos com enrocamento (canal de aproximação), e canais de adução com 4,0 m e 3,0 m de largura de base, com taludes 1:1,5, revestidos com concreto.
- Aquedutos de seções retangulares com base de 4,2 m e 3,8 m de largura de base.
- Túnel com revestimento de concreto somente no piso, com seção arco retângulo com 5,2m de diâmetro.
- Reservatórios de compensação ou derivação, com tomada d'água para usos difusos, vertedouros e comportas de controle.

O canal de aproximação do reservatório de Itaparica até a estação elevatória EBV-1, tem 14,0m de largura de base, taludes 1:2, e é protegido por enrocamento.

A Elevatória EBV-1 recalca para um canal com largura de base de 4,0m e talude 1:1,5 revestido de concreto. Estas dimensões são mantidas até o reservatório de Copiti, onde a vazão de projeto passa de 28,0 m³/s para 18,0 m³/s.,

No primeiro patamar, entre as elevatórias EBV-1 e EBV-2, é previsto o reservatório de compensação de Areias, com NA normal na cota 361,47 msnm.

No segundo patamar, entre as elevatórias EBV-2 e EBV-3 estão previstos os reservatórios de compensação de Braúnas, com NA normal na cota 400,92 msnm, e Mandantes, com NA normal na cota 399,76 msnm.

No terceiro patamar, entre as elevatórias EBV-3 e EBV-4, está prevista uma sucessão de três reservatórios:

- i. o reservatório de compensação Salgueiro, com NA normal na cota 459,43 msnm;
- ii. o reservatório de derivação de Muquém, com NA normal na cota 456,40 msnm, dotada de uma tomada d'água de 10,0 m³/s, para abastecer o Açude Barra do Juá (capacidade de 80×10^6 m³), responsável pelo suprimento d'água do futuro perímetro irrigado de Serra Negra, com cerca de 12.000 ha, além da irrigação difusa praticada a jusante deste açude, em cerca de 2.000 ha;
- iii. o reservatório de compensação de Cacimba Nova, com NA na cota 454,37 msnm.

Ainda neste patamar está previsto o aqueduto Jacaré, com base de 4,2 m e comprimento de 120 m, entre os reservatórios de Muquém e Cacimba Nova.

No quarto patamar, entre as elevatórias EBV-4 e EBV-5, também está prevista uma sucessão de três reservatórios:

- i. o reservatório de compensação de Bagres, com NA normal na cota 509,35 msnm;
- ii. o reservatório de derivação de Copiti, com NA normal na cota 508,06 msnm, dotada de tomada d'água de 18,0 m³/s, para abastecer o açude Poço da Cruz (capacidade de 550×10^6 m³), responsável pelo suprimento do perímetro irrigado de Moxotó (5.000 ha);
- iii. o reservatório de compensação de Moxotó, com NA normal na cota 504,11 msnm.

Neste trecho estão previstos os aquedutos:

- i. Caetitu, com 4,2m de largura de base e 120m de comprimento, situado a montante do reservatório de Copiti;



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

- ii. Branco, com 3,8m de largura de base e 150m de comprimento;
- iii. Barreiros, com a mesma largura de base, e 210m de comprimento. Os aquedutos Branco e Barreiros estão entre os reservatórios Copiti e Barreiros.

A redução na largura da base dos aquedutos de 4,2m para 3,8m se deve ao fato de que, após o reservatório de Copiti, a vazão de projeto reduz-se de 28,0 m³/s para 18,0 m³/s.

No quinto patamar, entre as elevatórias EBV-5 e EBV-6, está previsto o reservatório de compensação Barreiros, com NA normal na cota 540,69 msnm.

No sexto e último patamar, após a EBV-6, prevê-se o reservatório de derivação de Campos, com NA normal na cota 518,29 msnm, a uma tomada d'água de 8,0 m³/s, para suprir o Açude Pão de Açúcar, tendo em vista o abastecimento das regiões do Agreste Pernambucano e Metropolitana do Recife.

Neste trecho, localiza-se o túnel Monteiro, com seção arco retângulo de 5,2 m de base e 6.489 m de comprimento.

A jusante do túnel, antes da cidade de Monteiro, está prevista uma estrutura de transição do canal para uma tubulação de PVC, envelopada com concreto de 2,8m de diâmetro e 12km de extensão, com desemboque no reservatório de Poções.

A calha principal do riacho Mulungu, a jusante do Açude Poções, tem condições de escoar a vazão de 18,0 m³/s, conforme estudos realizados na viabilidade, e por consequência não deverá afetar as infraestruturas existentes próximas às margens.

4.1.1 Operação do sistema

Todo o sistema está programado e projetado para ser desligado durante o horário de ponta do sistema elétrico e religado em seguida, nos dias úteis. Aos sábados e domingos o sistema poderá permanecer ligado por 24 horas. Foi estimado em 15 minutos o tempo de parada e de partida das bombas; portanto a vazão de dimensionamento das elevatórias foi majorada do coeficiente K, estimado pela seguinte relação:

$$K = \frac{24 \times 7}{20,5 \times 5 + 24 \times 2} = 1,12$$

E que corresponde a 28,0 m³/s denominada Capacidade Nominal Instalada de Bombeamento.

O critério de desligamento do sistema, durante as 3 horas de ponta de consumo de energia, decorreu de análises financeiras do custo operacional, que se mostraram otimizados ao se evitar as tarifas de energia correspondentes a esse período. Critério adotado para dimensionamento das obras de adução, visando economia de energia elétrica.

Essa otimização passou, também, pela criação de reservatórios, ao longo do traçado, denominados de compensação, que, basicamente, ao se deplecionarem, fornecem água ao sistema, mantendo-o operacional. Assim, regularizam diariamente as vazões, compensando as paradas do sistema de bombeamento, não havendo necessidade de implantar reservatórios imediatamente a montante e a jusante das EB's.

O outro tipo de reservatório ao longo do sistema denomina-se de derivação, destinado, principalmente a acumular a água afluyente e permitir a partição da vazão entre canais efluentes.

Durante as paradas diárias das bombas os reservatórios do sistema têm uma variação de nível d'água de até 0,50m, em função da continuidade de transporte da água no canal. Desse modo, os reservatórios de montante do trecho (jusante da EB) baixam até 0,5 m em seus níveis d'água, enquanto os reservatórios de jusante (montante da EB) têm seus níveis aumentados em até 0,5 m.



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

Nos reservatórios onde a cheia oriunda de suas bacias hidrográficas, com recorrência de 1.000 anos, não pode ser amortecida nesta variação de 0,5m, foi previsto um vertedouro com finalidade de dar passagem a esta cheia.

Nos reservatórios onde não há previsão de vertedouro de cheia, foi previsto um vertedouro de segurança com capacidade de vazão igual a vazão máxima do canal de montante.

Em todos os reservatórios foi prevista uma estrutura de controle com comporta de regularização, situada na saída do reservatório e entrada do canal de jusante. Reservatórios situados no extremo a jusante dos trechos entre duas estações de bombeamento, não terão tais comportas.

Quando não há intermitências prolongadas no sistema adutor, além das paradas diárias programadas, as comportas devem permanecer abertas em uma dada posição, em função da vazão programada de operação.

Nos períodos de operações intermitentes, ou em caso de paradas prolongadas, as comportas deverão ser fechadas para evitar-se o esvaziamento dos reservatórios.

Em todas as estruturas de controle são previstas medições de níveis d'água a montante e a jusante das comportas, que indicarão a necessidade ou não de mudanças na posição.

Na eventual falta de energia no sistema, ou em parte do mesmo, por mais de três horas, período previsto para parada das bombas, as comportas fecharão automaticamente evitando o desperdício de água.

Nos reservatórios são previstas tomadas d'água, para uso difuso, com capacidade de 2,0 m³/s.

O sistema adutor deve ser mantido sempre com o nível próximo do nível d'água normal, ou seja, quando ele atingir um determinado nível inferior, as bombas deverão ser ligadas e o sistema reabastecido.

Este procedimento deixará o sistema com capacidade de retomada instantânea, caso haja necessidade de suprimento de vazão em qualquer ponto do sistema.

5 . FICHA TÉCNICA

O Eixo Leste se desenvolve em sua maior parte no Estado de Pernambuco; do total de 216.651 m do sistema adutor, somente 46.302 m (21%) localiza-se no Estado da Paraíba.

5.1 Sistema de Captação

5.1.1 Localização e Vazão de Captação

A captação do Trecho V – Eixo Leste da Transposição do Rio São Francisco está prevista para ser executada na margem esquerda do Reservatório de Itaparica e na margem direita da foz do Rio Mandantes neste Reservatório. O início do canal de aproximação tem coordenadas 9.026.822 N e 565.693 E.

A vazão máxima de projeto é de 28,0 m³/s.

5.1.2 Características Operacionais do Reservatório

Os níveis característicos do Reservatório de Itaparica são:

- NA MÍNIMO.....299,00 msnm;
- NA NORMAL.....304,00 msnm;
- NA MÁXIMO MAXIMORUM.....305,00 msnm.

Constata-se no relatório R3 “ Sistemas de Captação no Reservatório de UHE Itaparica” que o reservatório de Itaparica normalmente está com o N.A em torno da cota 303,00. Portanto, para a execução do canal haverá necessidade da construção de uma ensecadeira.



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

A estrutura de proteção do canal deverá ter sua cota final na elevação 307,00 msnm, tendo em vista os efeitos de ondas no reservatório de Itaparica.

5.1.3 Dimensionamento Hidráulico

O canal de aproximação à estação elevatória nº 1 foi projetado com velocidades da ordem de 0,5 m/s, para o N.A. mínimo no reservatório de Itaparica na EL 299,00 m.

O canal para estas condições deverá ter as seguintes características:

- largura da base..... 14.0 metros;
- taludes..... 1V:2H;
- rugosidade de manning..... $n=0,35 \text{ s/m}^{1/3}$;
- declividade..... $i=0,0001 \text{ m/m}$;
- proteção de enrocamento no fundo e nos taludes.

5.2 Estações de Bombeamento

No Trecho V– Eixo Leste foram dimensionadas 6 estações de bombeamento , das quais quatro para recalcar $28,0 \text{ m}^3/\text{s}$ e duas para recalcar $18,0 \text{ m}^3/\text{s}$, 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	19.474,0
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

5.2.1 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 $28 \text{ m}^3/\text{s}$ 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 $18,0 \text{ m}^3/\text{s}$ os *forebays* de montante e de jusante apresentam as seguintes dimensões, incluindo-se as transições entre o canal e o *forebay*:

- comprimento..... 157,39 m;
- largura..... 28,0 m;



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

5.2.2 Aspectos Geológicos

A seguir apresentam-se, de forma resumida, as condições geológicas dos sítios das Estações de Bombeamento, apresentadas com mais detalhe nos relatórios R4 e R9.

- 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.

- 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.

- 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.

- 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 quartzito.

- 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.

- 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 gnaiss.

5.2.3 Aspectos Geotécnicos

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 nos *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.

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.



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

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.

5.2.4 Características Gerais da Casa de Bombas

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;
- 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.

5.3 Tomada d'Água

5.3.1 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.



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

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 pórtico rolante, o qual se desloca sobre as ranhuras das grades, comporta e bomba submersível, no coroamento de elevação, com a finalidade de movimentar esses equipamentos nos serviços de manutenção, conforme pode ser observado na Figura 5.1 a seguir:

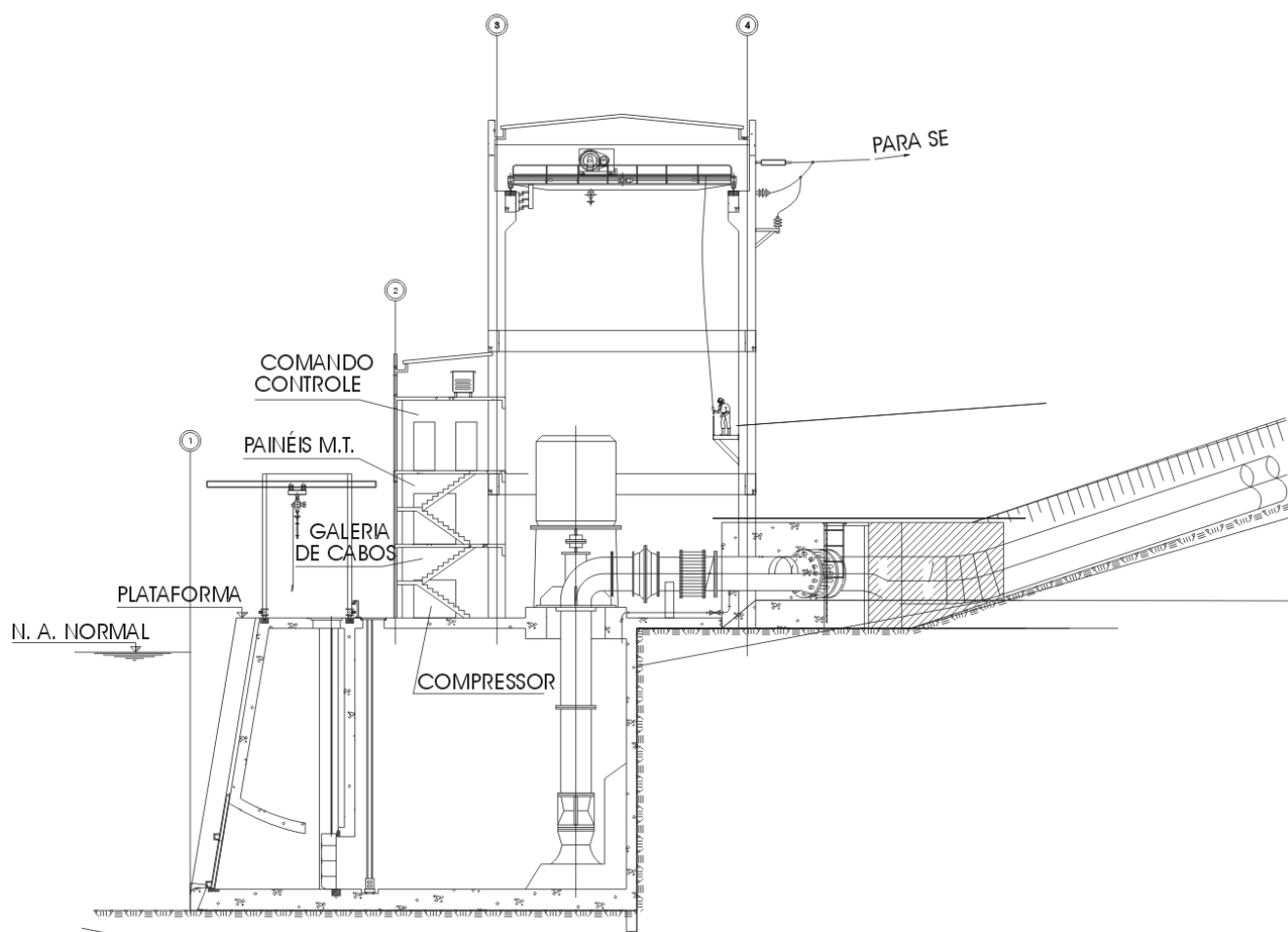


Figura 5.1

5.3.2 Equipamentos Mecânicos da Tomada d'Água

- 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.

- 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.



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

- 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.

5.3.3 Sistemas de Auxiliares Mecânicos das Estações de Bombeamento

- 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.

- 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 ultra sônicos ou eletromagnéticos.

- Outros sistemas de Serviços Auxiliares Mecânicos
 - Serviço de Ar Comprimido de Serviços Gerais;
 - Sistema de Água de Serviço e de Água Potável;
 - Sistema de Esgoto Sanitário;
 - Sistema de Ventilação;
 - Sistema de Ar Condicionado;
 - Sistema de Tratamento de Óleo;
 - Sistema Antiincêndio.

5.3.4 Equipamentos Elétricos da Estação de Bombeamento

O sistema elétrico que atende o empreendimento, está detalhado no Relatório R13 Sistema Elétrico.

- 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.



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

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)

- 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



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

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
Frequência Nominal	60 Hz
Fator de Potência	1
Rotação Nominal	450 rpm

- 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.

- 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.

- 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.

- 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.

- Outros Sistemas Elétricos

- Sistema de Iluminação e Tomadas;
- Sistema de Vias de Cabos;
- Sistema de Fiação;
- Sistema de Aterramento;
- Sistema de Proteção Atmosférica.

5.4 Sistema Digital de Supervisão e Controle SDSC

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

5.4.1 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, 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.

- 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 plataformas computacionais de operação, padrão PC/AT, cada uma com monitores, impressora, teclado e mouse, 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.

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.

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

5.4.2 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.

- 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.



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

- 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.

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.

- 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.

5.5 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.



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

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 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
Extensão do Trecho Reto (m)	170,82	109,64	175,94	162,12	108,33	175,17

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.

5.6 Estrutura de Deságüe

A estrutura de deságüe é do tipo sifão, de escorva forçada 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 estrutura de deságüe possui um sistema de vácuo que permite a escorva forçada do sifão durante as operações de bombeamento. O sistema é composto de duas bombas de vácuo, sendo uma de reserva, vaso de pressão e respectivas tubulações e instrumentação.

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,



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

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 e respectivos trechos de tubulação, e grades de proteção (ver Figura 5.2).

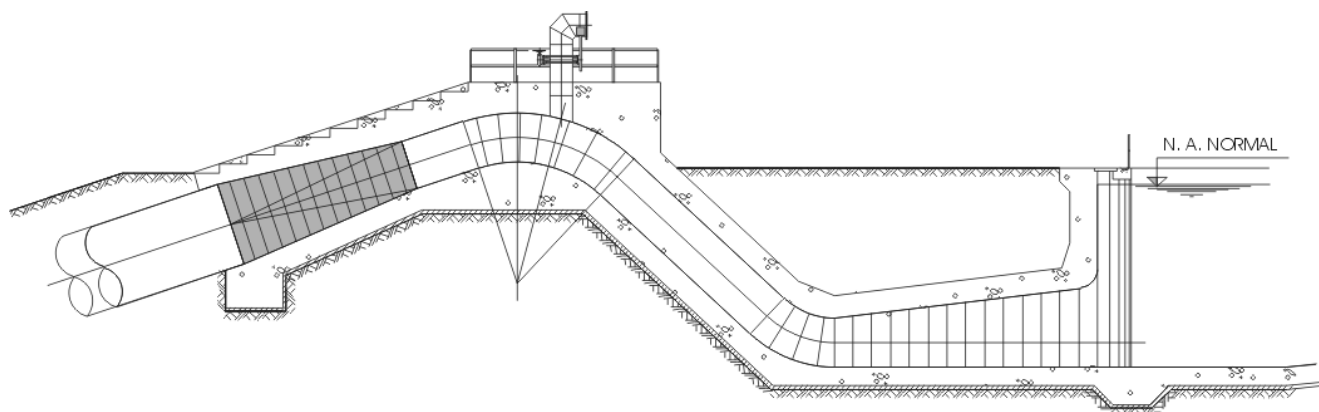


Figura 5.2

5.7 Canais

5.7.1 Aspectos Hidráulicos

Os canais foram dimensionados com a finalidade de aduzir as vazões de 28,0 e 18,0 m³/s, a partir do reservatório de Itaparica, no Rio São Francisco, e cujas dimensões e características serão as seguintes:

Canal trapezoidal, (canal de aproximação), com largura de base de 14,0 m, taludes laterais 1V:2H, escavado em solo e rocha, coeficiente de rugosidade de Manning $n=0,035 \text{ s/m}^{1/3}$, adotado para este caso, declividade de 0,0001 m/m, vazão de 28,0 m³/s, velocidade de 0,48 m/s, altura da lâmina d'água de 2,95 m e tendo um comprimento total de 5.665 m.

Canal trapezoidal, (Canal adutor), com largura de base de 4,0 m, taludes laterais de 1V:1,5H, escavado em solo e rocha, revestido de concreto, coeficiente de rugosidade de Manning $n=0,015 \text{ s/m}^{1/3}$, declividade de 0,0001 m/m, vazão de 28 m³/s, velocidade de 0,99 m/s, altura da lâmina d'água de 3,21 m, tendo um comprimento total, incluindo as transições, de 93.611 m.

Canal trapezoidal, (canal adutor), com largura da base de 3,0 m, taludes laterais de 1V:1,5H, escavado em solo e rocha, revestido de concreto, coeficiente de rugosidade de Manning $n=0,015 \text{ s/m}^{1/3}$, declividade de 0,0001 m/m, vazão de 18,0 m³/s, velocidade de 0,89 m/s, altura da lâmina d'água de 2,81 m, tendo um comprimento total, incluídas as transições, de 70.274 m.

5.7.2 Aspectos Geológicos

Os canais são descritos, pelas suas particularidades, em trechos delimitados pelas estações elevatórias.

- EST. 0 + 000 (Reservatório de Itaparica) à EBV-1

A partir da estaca 3 + 900 inicia-se a escavação do canal em terreno seco, onde a sondagem SR 02, cota 306, indica a presença de arenitos conglomeráticos até a cota de fundo do canal. Nesta sondagem não foi atingido o nível d'água freático até a profundidade de 11 m, prevendo-se que nas escavações não ocorram infiltrações de água. Este trecho de canal se prolonga até o local da elevatória EBV-1, na estaca 5 + 665. Nesse trecho do canal, a sondagem SR 03, executada na estaca 4 + 900, indicou a presença de conglomerado, típico de borda de bacia sedimentar.

- EBV-1 à EBV-2



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

O canal neste trecho deverá ter o seu greide por volta da cota 358 e inclui cortes e aterros relativamente baixos. As escavações no trecho sedimentar deverão ser efetuadas em 2 m de material de 1.^a e em 8 m de material de 2.^a categoria, estimando-se uma permeabilidade de 10-4 cm/s. No trecho de cristalino, as escavações deverão interceptar, em média, 2 m de material de 1.^a e 2 m de material de 2.^a categoria.

Os aterros no trecho sedimentar ficarão apoiados em solos compactos de arenitos, normalmente recobertos por solos coluvionares arenosos, fofos, com espessura da ordem de 1,5 m.

- EBV-2 à EBV-3

O canal deverá ser implantado em terrenos cristalinos desde a EBV-2 até a estaca 27 + 800. O seu greide está estabelecido por volta da cota 397 e inclui cortes altos, com altura superior a 10 m. A sondagem SR 27, executada na estaca 23 + 000, indicou a presença de 0,80 m de coluvião argilo-arenoso na superfície, capeando rocha alterada mole de granito porfirítico até a profundidade de 4,30 m. Daí para baixo, ocorre 1,10 m de rocha alterada dura, muito fraturada e rocha sã, pouco fraturada até a profundidade final da sondagem de 9,17 m. Estas condições geológicas são representativas da região, estimando-se uma permeabilidade para o maciço rochoso de 10-5 cm/s.

Da estaca 27 + 800 até a EBV-3, o canal será implantado em terrenos sedimentares, onde além das investigações do eixo da Barragem de Mandantes, foram executadas as sondagens SR 28 e SR 33 que mostraram a presença de conglomerado principalmente, e alguns trechos de arenito conglomerático. Os cortes neste trecho são relativamente baixos, devendo as escavações interceptarem 2 m de material de 1.^a e 8 m de material de 2.^a Categoria.

- EBV-3 à EBV-4

A geologia deste trecho é constituída por rochas cristalinas, incluindo granitos porfiríticos, migmatitos, muscovita gnaisses e biotita gnaisses. Apresenta extensas coberturas coluvionares e depósitos aluvionares.

O primeiro grande trecho se estende desde a estação elevatória EBV-3, estaca 36 + 345 até a estaca 65 + 000, e inclui cortes menores que 10 m e aterros baixos, onde foi executado apenas o mapeamento geológico. No início aparece o granito porfirítico, recoberto por extenso coluvião e no final, o migmatito. Prevê-se que as escavações dos cortes interceptem de 2 a 3 m de material de 1.^a e 2 m de material de 2.^a categoria. A permeabilidade estimada para o maciço rochoso varia de 10⁻⁴ a 10⁻⁵ cm/s.

O segundo grande trecho se estende desde a estaca 65 + 000 até a estaca 86 + 000 e inclui alguns cortes altos. As sondagens indicaram, em geral, pequenas espessuras de alteração devendo as escavações dos cortes interceptarem de 2 a 3 m de escavação de 1.^a e 2 m de material de 2.^a categoria. A permeabilidade estimada para os maciços rochosos variou de 10⁻⁴ a 10⁻⁵ cm/s, ocorrendo localmente, trechos de 10⁻³ cm/s, para maciços sãos e pouco alterados e extremamente fraturados.

O terceiro trecho, da estaca 86 + 000 a 96 + 576, inclui o dique de Cacimba Nova. Estabeleceu-se para este trecho que as escavações dos cortes devam interceptar, em média, 2 m de material de 1.^a e 2,5 m de material de 2.^a categoria. A permeabilidade admitida para o maciço rochoso é de 10⁻⁵ cm/s.

- EBV-4 à EBV-5

A geologia deste trecho é constituída por rochas cristalinas, incluindo, migmatitos, muscovita, gnaisses e biotita gnaisses. Apresenta depósitos aluvionares ao longo das principais drenagens, sendo a mais expressiva, representada pelo rio Moxotó.

De uma maneira geral, o trecho apresenta pequena espessura de alteração em locais de ocorrência de migmatitos e muscovita gnaisses, da ordem de 4 a 4,5 m, em média, incluindo



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

solos e rocha alterada mole. Nos trechos de biotita gnaíse, as espessuras médias de alteração são maiores, de até 9 m.

- EBV-5 à EBV-6

Este trecho está situado entre as estacas 164 + 185 e 170 + 002 e inclui o reservatório da Barragem Barreiros. Trata-se de um trecho relativamente curto, onde o mapeamento geológico indicou a presença de granito gnaíse e migmatito

Essas condições são bastante semelhantes àquelas descritas para a estação elevatória EBV-5, devendo as escavações dos cortes interceptarem 2 m de material de 1ª e 2 m de material de 2ª categoria. A permeabilidade estimada para este trecho é de 10^{-5} cm/s.

No segundo trecho, entre o reservatório e a estação elevatória EBV-6, ocorre granito gnaíse. No projeto foi admitido que a escavação dos cortes interceptará 2 m de material de 1ª e 2 m de material de 2ª categoria. A permeabilidade estimada é de 10^{-5} cm/s.

- EBV-6 à Estaca 204 + 251 (fim do canal)

O trecho compreendido entre as estacas 170 + 529, estação elevatória EBV-6 e 204 + 251, fim do canal inclui a Barragem Campos e o Túnel Monteiro como obras singulares.

Logo após a EBV-6, o canal desenvolve-se num extenso aterro que vai desde a estaca 171 + 000 até a estaca 175 + 300, onde a cobertura de solo é pequena, sendo que a fundação do aterro será em solo de alteração compacto e/ou rocha alterada de gnaíse.

Em profundidade, o maciço rochoso apresenta-se são e pouco fraturado no local de maior alteração e pouco alterado e medianamente a muito fraturado no local de menor alteração. Estima-se uma permeabilidade de 10^{-4} cm/s para o trecho. As escavações, nos cortes, considerando-se a presença de afloramentos rochosos no local, deverão interceptar cerca de 1 m de material de 1ª e 2 m de material de 2ª categoria.

Após o reservatório de Campos, estaca 177 + 600 até a estaca 190 + 700, o mapeamento geológico indicou a presença de granito gnaíse num trecho que inclui cortes com alturas superiores a 10 m. Neste trecho foram realizadas as sondagens SR 144 a SR 152 que indicaram, em geral, profunda alteração da rocha, da ordem de 5 m, com alguns locais apresentando menor alteração. O maciço rochoso apresenta-se como rocha alterada dura, muito a extremamente fraturada, prevendo-se que as escavações interceptem 4 m de material de 1ª e 2 m de material de 2ª no trecho compreendido entre as estacas 177 + 600 e 185 + 000. No trecho final o maciço rochoso é menos alterado e menos fraturado, devendo a escavação interceptar 2,5 m de material de 1ª e 1,5 m de material de 2ª categoria. A permeabilidade estimada para o trecho variou de 10^{-4} a 10^{-5} cm/s.

Da estaca 190 + 700 à estaca 193 + 060, emboque do Túnel Monteiro, o traçado do canal desenvolve-se num fundo de vale, onde o mapeamento geológico indicou a presença de extenso aluvião, exceto no trecho próximo ao emboque. Para este trecho, inteiramente de corte, a escavação se dará em 8 m de material de 1ª e em 1 m de material de 2ª categoria. A permeabilidade estimada foi de 10^{-4} cm/s.

Do desemboque do Túnel Monteiro, estaca 199 + 549, até a estaca 203 + 000, ocorre biotita gnaíse, onde as sondagens SR 160 a SR 164 indicaram pequena espessura de alteração variando de 1,20 a 2,45 m de solo e rocha alterada mole, estabelecendo-se para escavação do corte, cerca de 1,5 m de material de 1ª e 1 m de material de 2ª categoria. A permeabilidade estimada para o trecho é de 10^{-5} cm/s.

Por fim, no trecho final do traçado do Trecho V – Eixo Leste, entre as estacas 207 + 800 e 204 + 200, a sondagem SR 165 indicou 1,60 m de solo coluvionar argilo-arenoso na superfície sobre solo de alteração de biotita gnaíse. O solo de alteração é constituído por silte argilo-arenoso, compacto a muito compacto que se estende até 6,70 m de profundidade. Abaixo ocorre rocha



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

alterada mole e rocha alterada dura, extremamente fraturada, respectivamente até 8,20 e 18,33 m, esta com permeabilidade estimada de 10^{-5} cm/s.

5.7.3 Aspectos Geotécnicos

Os taludes em solo, exceto na seção molhada do canal, terão inclinação 1V:1,5H para possibilitar a sua proteção contra intempéries através da colocação de materiais granulares. Caso o solo seja bastante argiloso, a camada de material granular é simples. Para solos pouco argilosos ou arenosos haverá colocação de uma camada de transição fina entre o solo e a proteção granular constituída de blocos médios e grandes;

Os taludes de escavação dos canais em regiões de maciços cristalino, em Rocha Alterada Mole(RAM) ou Rocha Alterada Dura(RAD) ou Rocha Sã(RS) terão a inclinação do talude de escavação de 2V:1H;

Nos taludes de escavação em rocha sedimentar a proteção ou estabilização dependerá da consistência e coerência das descontinuidades e das condições hidrogeológicas. Nesses taludes, a inclinação do talude varia de 1V:1H a 1V:2H;

Nas rochas sedimentares(conglomerados, arenitos e arenitos conglomeráticos) a inclinação da escavação será 1V:1H acima do NA do canal de adução.

Na seção molhada as inclinações dos taludes de escavação variam, sendo 1V:1,5H, para rochas cristalinas ou sedimentares e 1V:2H para rochas sedimentares incoerentes e saturadas. Nos aterros, homogêneo ou zoneado, a inclinação será 1V :1,5H.

5.7.4 Aspectos Estruturais

Os canais serão revestidos por uma geomembrana protegida por concreto reforçado com fibra sintética de nylon ou de polipropileno, tendo espessura de 12,0 cm na base e 5,0 cm nos taludes laterais, com juntas de contração formando placas de 3x3 m, sendo uma na ligação entre a base e o talude, outra no meio do talude e outra no meio da base. As juntas de dilatação transversais foram projetadas a cada 30 m. Foi adotada a classe de concreto A, que apresenta $f_{ck}=15$ MPa aos 28 dias.

5.8 Aquedutos

Os aquedutos são estruturas que substituem os canais em trechos reduzidos, onde normalmente ocorre a passagem de um rio com vazão elevada, transversalmente ao canal, não comportando uma solução de drenagem com galerias enterradas sob o canal, conforme pode ser observado nos seguintes desenhos:

- EN.B/V.DS.ET.0701;
- EN.B/V.DS.ET.0702;
- EN.B/V.DS.ET.0711;
- EN.B/V.DS.ET.0712.

No Trecho V - Eixo Leste, foram projetados 4 aquedutos, sendo 2 com vazão de 28 m³/s e 2 com vazão de 18 m³/s, conforme descrição apresentada abaixo.

AQUEDUTO	VAZÃO(m ³ /s)	COMPRIMENTO(m)
JACARÉ	28	120
CAETITU	28	120
BRANCO	18	150
BARREIRO S	18	210



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

Os aquedutos iniciam-se com uma estrutura de transição de montante, para passar da seção do canal para a seção do aqueduto em formato retangular. A mesma situação ocorre na saída do aqueduto, com a transição de jusante, que passa da forma retangular do aqueduto para a forma do canal, conforme pode ser verificado na Figura 5.3.

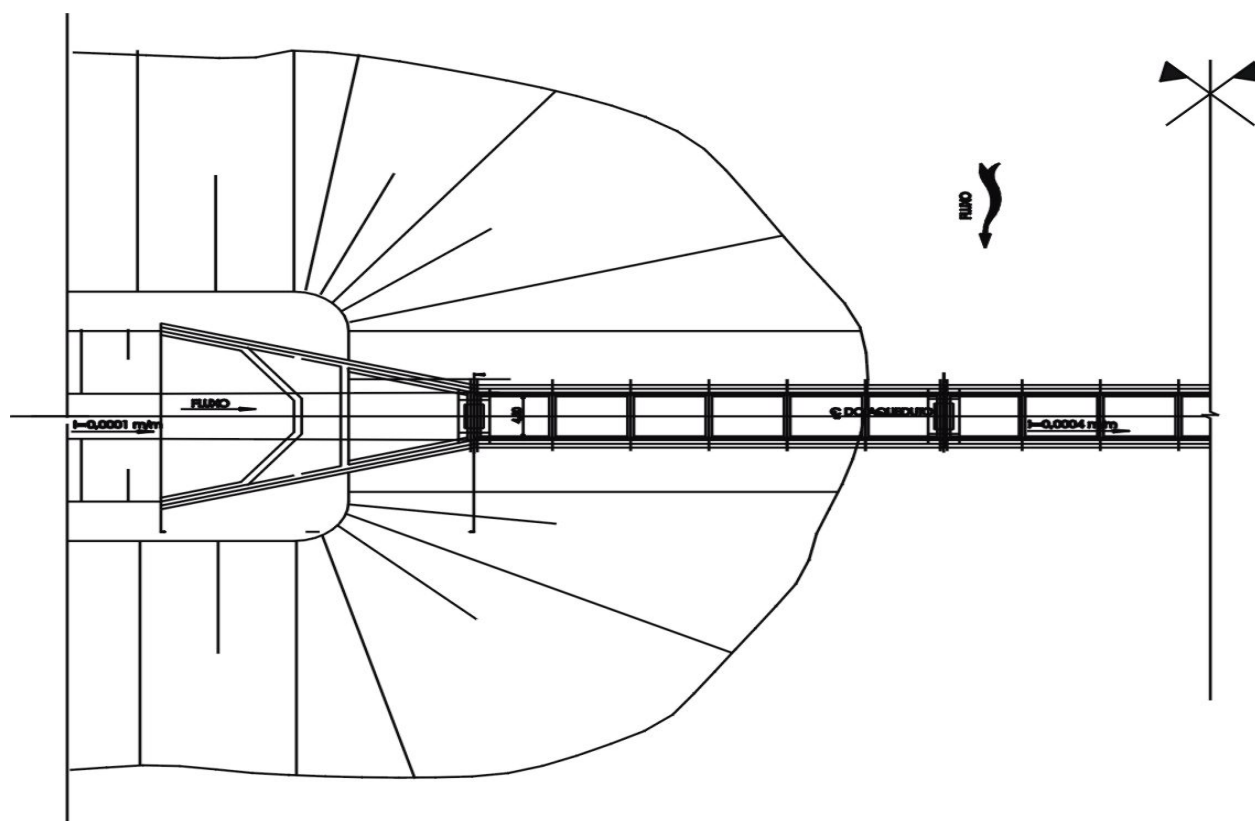


Figura 5.3

Os comprimentos indicados na tabela acima, referem-se somente a parte do aqueduto situada sobre pilares, ou seja, valores múltiplos de 30 m (distância entre pilares). Não estão incluídos os comprimentos dos trechos das transições de montante e jusante, que medem 20 m, para vazão de 28 m³/s, e 15 m para vazão de 18 m³/s.

5.8.1 Aspectos Hidráulicos

Os aquedutos terão de forma retangular com declividade de 0,0004 m/m. Para a vazão de 28 m³/s a sua base terá 4,20 m de largura e altura de 4,03 m, e para a vazão de 18 m³/s a sua base terá 3,80 m de largura e a altura de 3,17 m. O coeficiente de Manning adotado é de 0,015s/m^{1/3}.

5.8.2 Aspectos Geológicos

- Aqueduto Jacaré

A geologia do local do aqueduto Jacaré é constituída exclusivamente por gnaisses migmatíticos. No leito do rio ocorrem sedimentos aluvionares. Em ambas as ombreiras o mapeamento geológico mostrou a presença de afloramentos rochosos, em parte recobertos por coluviões arenosos com espessura da ordem de 0,5 a 1,0 m.



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

No leito do rio, as sondagens indicaram a presença de aluvião bastante espesso, da ordem de 6 a 8 m, onde o trecho superior é constituído por argila arenosa e o trecho médio inferior por areia de granulação média a grossa com cascalhos. O aluvião encontra-se diretamente por sobre o gnaiss que se apresenta, no seu metro superior, muito alterado e extremamente fraturado, passando abaixo a rocha alterada dura, medianamente fraturada. O nível d'água está posicionado no aluvião entre 5 e 6 m.

- **Aqueduto Caetitu**

A geologia do local do aqueduto Caetitu é constituída principalmente por muscovita gnaiss cinza. Nas proximidades, ocorrem gnaisses migmatítico e quartzito, este restrito a uma elevação junto à ombreira de jusante. No leito do rio ocorrem sedimentos aluvionares. As sondagens mostraram condições geológicas e geotécnicas bastante particulares no local, observando-se um processo de alteração mais intenso na ombreira de montante. O topo rochoso é constituído em suas partes superiores por rocha alterada dura, extremamente fraturada que passa em profundidade a rochas menos fraturadas.

No leito do rio, a sondagem indicou aluvião constituído por areia média a grossa, pouco siltosa, fofa a pouco compacta, sobreposta a solo de alteração de muscovita gnaiss.

- **Aqueduto Branco**

A geologia do local do aqueduto Branco é constituída exclusivamente por gnaiss migmatítico, cinza. No leito do rio ocorrem sedimentos aluvionares. As sondagens mostraram condições geológicas e geotécnicas bastante particulares no local, observando-se um processo de alteração pouco mais intenso na ombreira de jusante, onde a sondagem atravessou 0,7 m de coluvião, solo de alteração muito compacto até 5,0 m e rocha alterada dura, muito a extremamente fraturada até 7,7 m de profundidade, passando a partir daí para uma rocha sã, pouco fraturada. Na ombreira de montante, a sondagem atravessou 3,3 m de aluvião arenosiltoso com cascalho, passando imediatamente ao gnaiss migmatítico sã, pouco a ocasionalmente fraturado.

No leito do rio, a sondagem indicou 3,0 m de aluvião constituído por argila arenosa marrom escuro, dura, sobreposto diretamente sobre o gnaiss migmatítico subjacente, que se apresenta sã e pouco a ocasionalmente fraturado. O nível d'água não foi interceptado em nenhuma das sondagens, acreditando-se que as escavações para a implantação dos pilares ocorram em terrenos secos.

- **Aqueduto Barreiros**

A geologia do local do aqueduto Barreiros é constituída principalmente por gnaiss de granulação média e cor cinza. No leito do rio ocorrem sedimentos aluvionares. As sondagens mostraram condições geológicas e geotécnicas bastante particulares no local, observando-se um processo de alteração mais intenso na ombreira de montante, onde a sondagem atravessou 6,7 m de aluvião sobre solo de alteração e a sondagem da ombreira de jusante, 3,4 m, o que coloca o topo rochoso mais raso nessa região. Este solo de alteração é constituído por silte arenoso compacto com fragmentos de quartzo e feldspato. O topo rochoso é constituído em suas partes superiores por rocha alterada mole, extremamente fraturada que passa em profundidade a rochas menos alteradas e menos fraturadas, a 8,8 e 6,5 m, respectivamente. O nível d'água, em ambas as ombreiras, foi detectado à 5,5 m de profundidade.

No leito do rio, a sondagem indicou 6,1 m de aluvião constituído por argila arenosa, marrom escuro, nos seus 2,5 m superficiais e areia fina a grossa, pouco siltosa, na base. O aluvião está sobreposto ao solo de alteração do gnaiss subjacente. Este solo, semelhante ao observado nas ombreiras, desenvolve-se até 10,3 m de profundidade, passando gradativamente à espessa camada de rocha alterada mole até 15,8 m. Daí para baixo, ocorre uma rocha sã, pouco a



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

medianamente fraturada. O nível d'água está posicionado no solo de alteração a 7,4 m de profundidade.

5.8.3 Aspectos Geotécnicos

Os aterros nos encontros dos aquedutos foram concebidos em seção mista, ou seja, sob as extremidades dos canais retangulares em concreto estão previstos aterros compactados confinados lateralmente por maciços de enrocamento separados por camadas de transições finas e grossa, conforme pode ser observado na Figura 5.4.

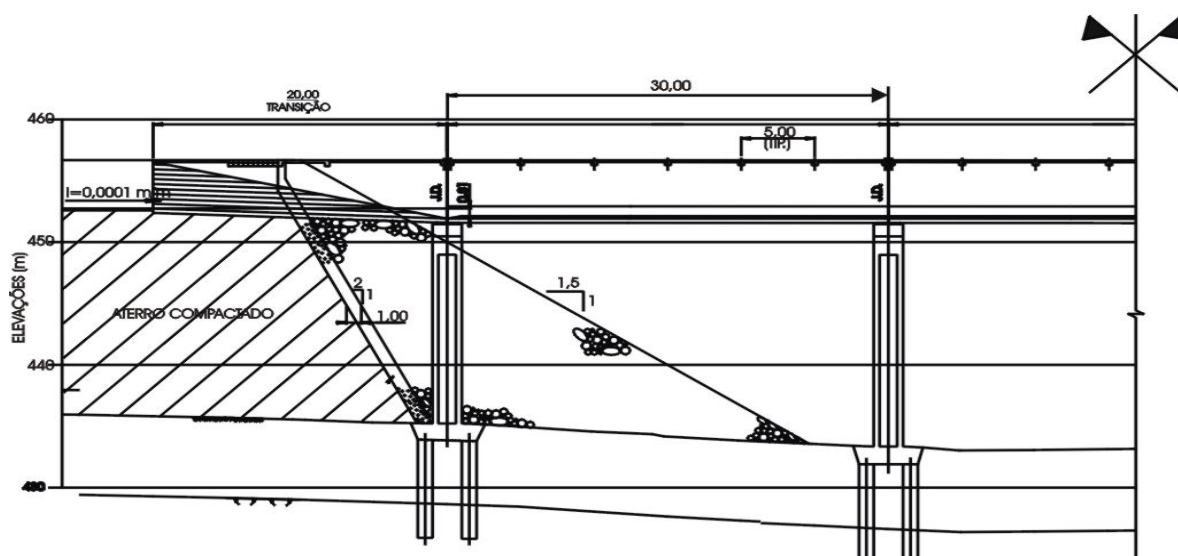


Figura 5.4

As fundações dos pilares dos aquedutos serão em estacas escavadas cujas bases estarão assentes no topo da rocha sã.

5.8.4 Aspectos Estruturais

Em geral, os aquedutos são formados por uma laje de fundo e duas paredes laterais. As espessuras dessas estruturas medem 0,35 m para os aquedutos que apresentam vazão de 28 m³/s e 0,30 m para os de vazão de 18 m³/s. Na parte superior dos aquedutos foram instalados tirantes de travamento a cada 5 m, de seção transversal de 0,4x0,4 m.

5.9 Tomadas D' Água de Usos Difusos

Ao longo do canal serão implantadas uma série de tomadas d'água de usos difusos. Estabeleceu-se como critério que a cada 10 km de canal seriam implantadas 3 tomadas, com vazões de 0,1 m³/s, 0,2 m³/s, e 0,5 m³/s. Ficou estabelecido também que, ao longo de todo canal, 50% das tomadas seriam em situação de corte e 50% em situação de aterro, conforme pode ser observado nas Figuras a seguir.



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

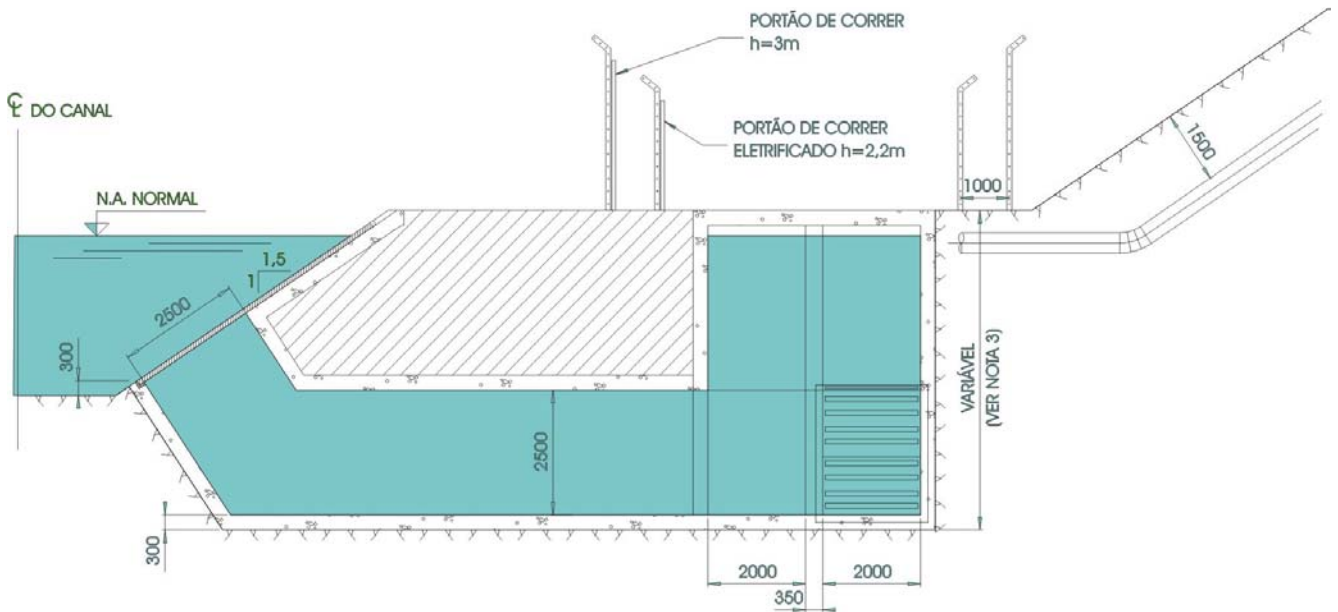


Figura 5.5

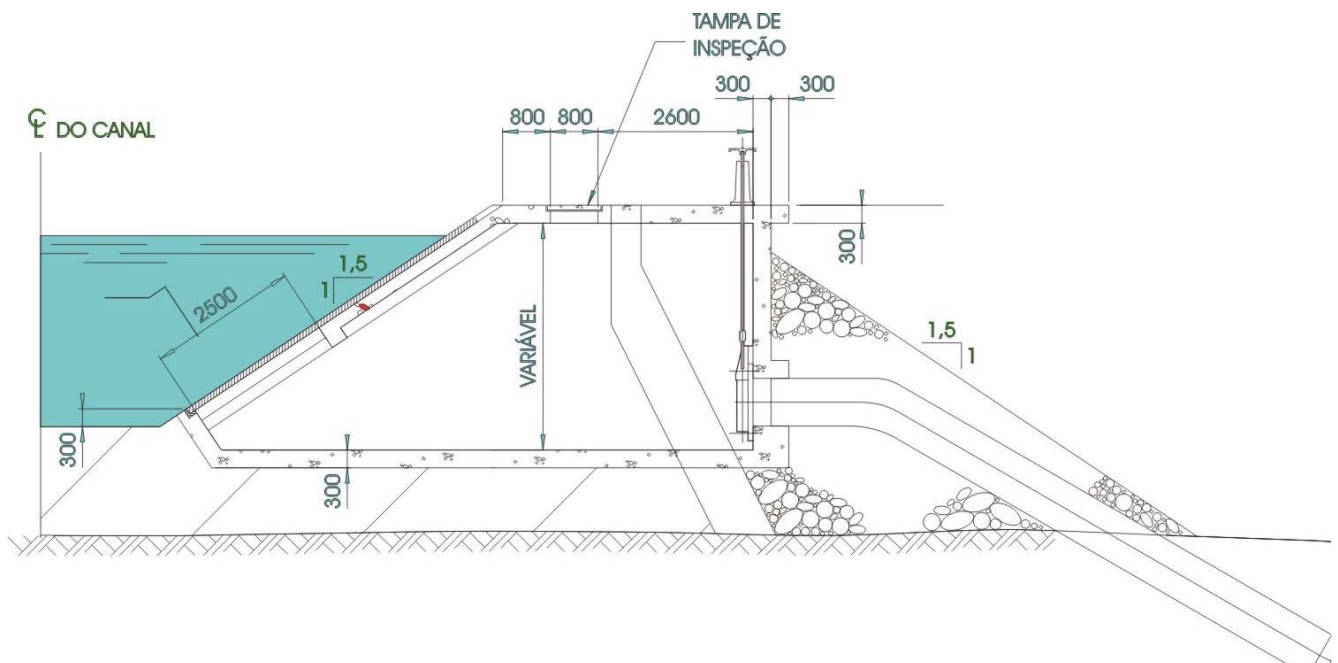


Figura 5.6

As estruturas das tomadas em situação de corte são formadas basicamente por uma tomada retangular com grade (2,0x2,5 m livre), galeria de acesso (2,0x2,5 m livre) e câmaras de bombeamento, sendo o número de câmaras uma função da vazão bombeada, a saber:

Vazão (m ³ /s)	Número de Câmaras
0,1	2
0,2	3
0,5	6



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

As dimensões de cada câmara são da ordem de 2,0 m de largura, 5,0 m de comprimento e 6,0 m de altura. A espessura da lajes e das paredes que compõem a tomada e a galeria de entrada, bem como as paredes externas e a laje superior da câmara de bombeamento é 0,30 m. A espessura das paredes internas da câmara de bombeamento é 0,35 m, conforme pode ser observado no desenho EN.B/V.DS.ME.0001 a 0005.

Em todos os reservatórios, exceto Muquém, Copiti e Campos, onde existem tomadas d'água de derivação, foi prevista uma tomada d'água de uso difuso com vazão de 2,0 m³/s, conforme pode ser observado no desenho EN.B/V.DS.ET.1101.

Estas tomadas d'água, ou estão em torres dentro do reservatório ou nos muros de ligação das barragens, e, foram projetadas para velocidades nas grades menor que 1,0 m/s. As válvulas para manutenção têm diâmetro de 500 mm.

5.10 Tomadas D'Água de Derivação

Foram previstas tomadas d'água de derivação nos reservatórios de Muquém, Copiti e Campos, conforme pode ser observado no desenho EN.B/V.DS.ET.1102 e 1103.

No reservatório de Muquém a tomada d'água de derivação é para 10 m³/s, com duas válvulas dispersoras e duas válvulas para manutenção, com diâmetro de 900 mm.

No reservatório de Copiti a tomada d'água de derivação é para 18 m³/s, com duas válvulas dispersoras e duas válvulas para manutenção com diâmetro de 1.200 mm.

No reservatório de Campos a tomada d'água da derivação é para 8,0 m³/s, através de duas comportas setor de 1,60 m de largura e altura de 2,27m.

5.11 Estruturas de Controle de Superfície

Foram projetadas estruturas de Controle de Superfície para vazões de 28 m³/s e estruturas de Controle de Superfície para vazões de 18 m³/s, conforme pode ser observado na Figura 5.7. As estruturas de Controle para 28 m³/s estão localizadas nos canais de saída dos reservatórios Areias, Braúnas, Muquém, Salgueiro e Bagres. As estruturas de controle para 18 m³/s estão localizadas nos canais de saída dos reservatórios Copiti, Barreiros e Campos. Essas estruturas têm por finalidade regular a vazão de adução aos canais a jusante. Não foram previstas comportas nos reservatórios de Mandantes, Cacimba Nova e Moxotó por encontrar-se próximo dos *forebays* de montante das estações de bombeamento EBV-3, EBV-4 e EBV-5 respectivamente.

Estão previstos dois vãos nas Estruturas de Controle de Superfície, sendo cada um equipado com uma comporta do tipo segmento. Para a vazão de 28 m³/s estas comportas apresentam 3,0 m de largura e para a vazão de 18 m³/s apresentam 2,20 m de largura. No reservatório de Campos, também foi previsto uma estrutura de controle de superfície, que terá a finalidade específica de derivar 8 m³/s para o açude Pão de Açúcar, no rio Ipojuca, para abastecimento da região do Agreste de Pernambuco. Constará de uma estrutura de Controle de Superfície com dois vãos de 1,60 m de largura, seguido de um canal trapezoidal. O acionamento de cada uma das comportas segmento é feito através de dois servomotores, enquanto que a operação de ambas as comportas é realizada por uma única central hidráulica, instalada na Casa de Comando situada no coroamento da estrutura.



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

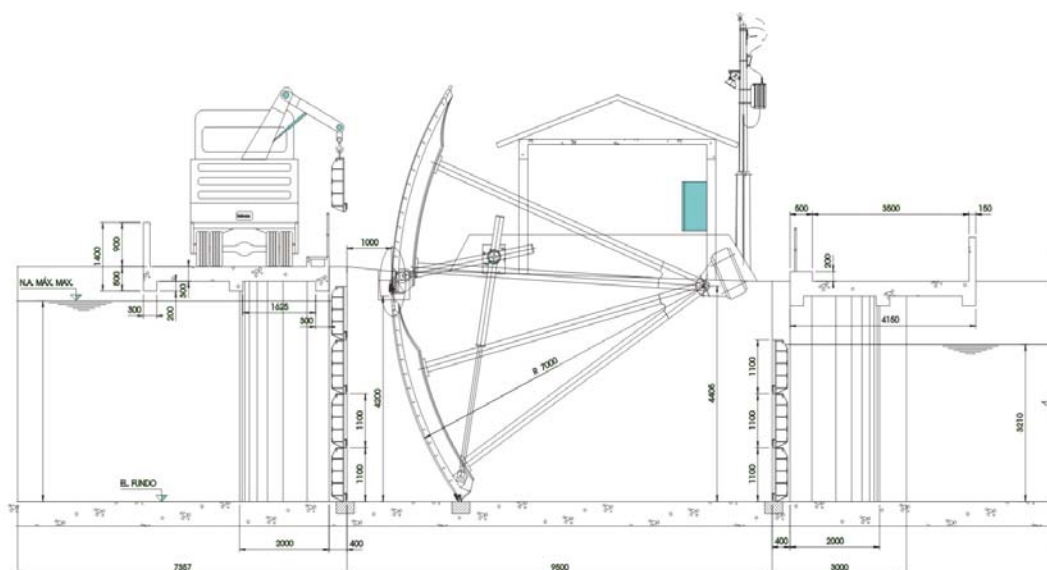


Figura 5.7

Para fins de manutenção, está prevista a utilização de duas comportas ensecadeiras, a serem colocadas em ranhuras a montante e a jusante da comporta segmento. São apenas duas comportas para utilização em todas as estruturas de 28 m³/s, duas comportas para utilização nas duas estruturas de 18 m³/s e também duas comportas para utilização na estrutura de 8 m³/s, conforme pode ser observado nos desenhos EN.B/V.DS.ME.0006 a 0008 e EN.B/V.DS.ET.0901 a 0903.

5.11.1 Equipamentos Mecânicos das Estruturas de Controles

- Comportas Segmento

As comportas são do tipo segmento, em estrutura de aço, constituída de tabuleiro de chapa de face curva, vigas horizontais e verticais, braços, que ligam o mancal de articulação à estrutura da comporta, e rodas. Cada uma das comportas é acionada através de dois servomotores de simples efeito. A operação de ambas as comportas é feita através de uma única central oleodinâmica.

As dimensões gerais do tabuleiro são:

ESTRUTURA	28 m ³ /s	18 m ³ /s	8 m ³ /s
Vão (m)	3,0	2,2	1,6
Altura (m)	4,3	3,9	2,4
Raio (m)	7,0	6,3	3,8

- Comportas Ensecadeiras

As comportas ensecadeira são do tipo deslizante. A comporta ensecadeira de montante para a EC de 28 m³/s, é composta por quatro elementos e a comporta de jusante por três elementos. A comporta ensecadeira de montante para a EC de 18 m³/s é composta por cinco elementos e a comporta de jusante por quatro elementos. A comporta ensecadeira de montante e de jusante para a EC de 8 m³/s é composta por três elementos. A estrutura de cada elemento é metálica de construção soldada, com paramento e plano de vedação voltado para o lado a ser ensecado. O elemento inferior de cada comporta é provido de um sistema de *by-pass*, para permitir o



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

enchimento do recinto ensecado. A comporta é guiada por sapatas guias instaladas nas cabeceiras e manobrada, em meio equilibrado, com auxílio de guindaste móvel e viga pescadora própria.

As dimensões gerais da comporta são:

ESTRUTURA	28 m ³ /s		18 m ³ /s		8 m ³ /s	
	MONTANTE	JUSANTE	MONTANTE	JUSANTE	MONTANTE	JUSANTE
Largura(m)	3,60	3,60	2,80	2,80	2,20	2,20
Altura(m)	4,40	3,30	3,60	2,88	2,40	2,40

5.12 Adução por Tubulação

A Adução por tubulação está localizada no final do trecho em canal, próximo à cidade de Monteiro. Essa estrutura tem por finalidade aduzir e controlar a vazão, através de tubulação de PVC, com 2,8 m de diâmetro, para abastecer o Açude Poções. A vazão máxima através dos vãos da estrutura de transição é de 18 m³/s, conforme pode ser observado no desenho EN.B/V.DS.ET.0801 a 0803. (Ver Figura 5.8)

Na Estrutura de Transição Canal – Tubulação estão previstos dois vãos, sendo cada um equipado com um jogo de elementos de grade, removíveis, com bandejas para retenção de detritos, e com uma comporta do tipo segmento com 2,0 m de largura e 2,8 m de altura. O acionamento de cada uma das comportas segmento é feito através de dois servomotores, enquanto que a operação de ambas as comportas é realizada por uma única central hidráulica, instalada na Casa de Comando situada no coroamento da estrutura.

Para fins de manutenção, está prevista a utilização de duas comportas ensecadeiras, a serem colocadas em ranhuras a montante e a jusante da comporta segmento. A estocagem dos elementos das comportas ensecadeiras é feita nas próprias ranhuras de operação.

A tomada d'água por sua vez é uma estrutura formada por uma tomada, câmara central onde estão alojadas 2 comportas segmento e a transição de entrada na adutora. Esta estrutura apresenta basicamente uma laje de fundo de 1,0 m de espessura, duas paredes laterais de 0,80 m de espessura e a estrutura de fechamento superior. No trecho de montante este fechamento é feito por uma estrutura de formato anelar de 0,50 m de espessura. Na parte central, o fechamento é feito por uma grade metálica. À jusante, sobre a transição, o fechamento é feito por uma laje de 1,0 m de espessura mínima.

A adutora, um tubo de PVC envelopado por concreto, de 2,8 m de diâmetro, conforme pode ser observado na Figura 7, apresenta um comprimento da ordem de 12 km.

A chegada da adutora ao açude de Poções é feita através de uma estrutura de chegada composta por um bloco de 4,10 m de comprimento, 4,10m de largura e altura variável. Esta estrutura é vazada por um tubo com diâmetro de 2,8 m, dando continuidade à adutora de PVC.

À jusante desta estrutura implantou-se uma estrutura de transição dissipadora, antecedendo o canal de aproximadamente 400 m que desemboca no reservatório do açude Poções.

Esta estrutura dissipadora é formada por laje de fundo e paredes laterais de 0,5 m de espessura. À jusante desta estrutura será implantado um vertedouro que terá por finalidade dissipar a energia hidráulica proveniente da adutora. Na parte superior desta transição foi projetado um sistema de vigas de travamento de 0,3x0,6 m a cada 3 m aproximadamente.



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

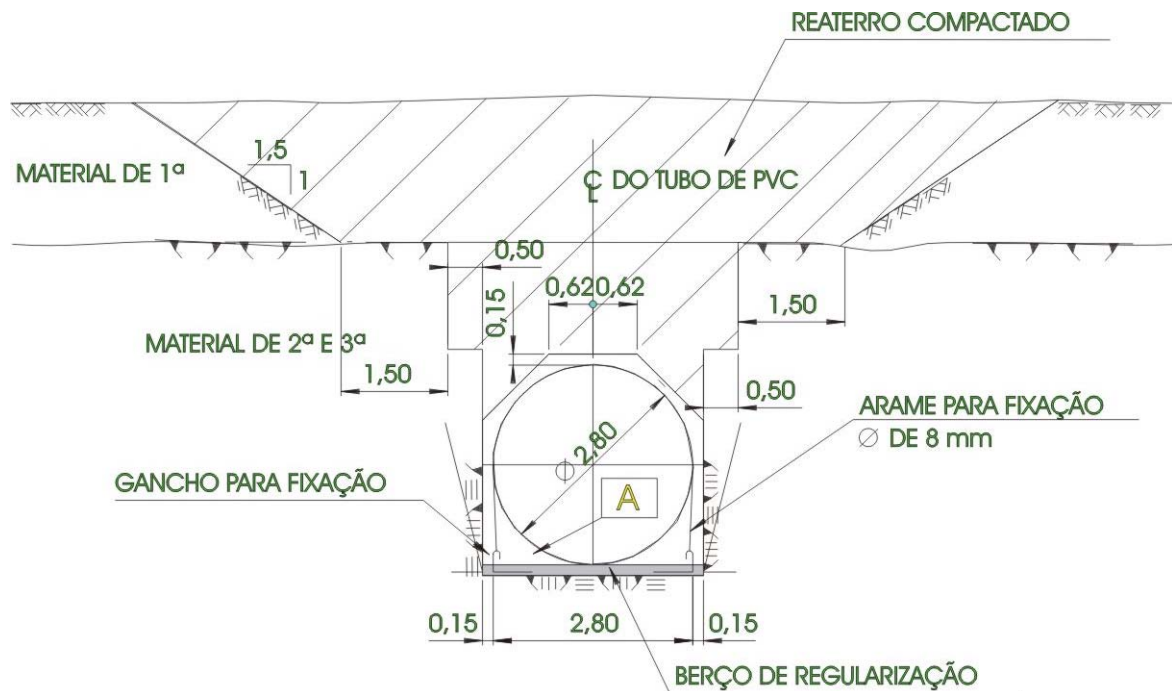


Figura 5.8

5.12.1 Equipamentos Mecânicos da Estrutura de Transição Canal-Tubulação

- Grades

As grades são do tipo removível, construídas de barras verticais montadas sobre quadro de aço estrutural, com bandejas de coleta de detritos, e movimentadas com auxílio de uma viga pescadora através de guindastes móveis.

As dimensões principais de cada grade são:

ESTRUTURAS	18 m³/s
Largura (m)	3,0
Altura (m)	2,3

- Comportas Segmento

As comportas são do tipo segmento, em estrutura de aço constituída de tabuleiro de chapa de face curva, vigas horizontais e verticais, braços, que ligam o mancal de articulação à estrutura da comporta, e rodas. Cada uma das comportas é acionada através de dois servo-motores de simples efeito. A operação de ambas as comportas é feita através de uma única central óleodinâmica.

As dimensões gerais do tabuleiro são:

ESTRUTURA	18 m³/s
Vão (m)	2,0
Altura (m)	2,8
Raio (m)	4,9

- Comportas Ensecadeiras



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

As comportas ensecadeiras são do tipo deslizante, sendo cada uma composta por dois elementos. A estrutura de cada elemento é metálica de construção soldada, com paramento e plano de vedação voltado para o lado a ser ensecado. 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 de guindaste móvel e viga pescadora própria.

As dimensões gerais da comporta são:

ESTRUTURA	18 m³/s
Largura (m)	2,6
Altura (m)	3,0

5.13 Túnel

Um único túnel, denominado Monteiro, é contemplado ao longo do Trecho V – Eixo Leste. Este túnel foi dimensionado com a finalidade de aduzir 18 m³/s através de uma seção arco-retângulo de 5,20 m de largura e altura. Escavado em rocha, foram adotados para este túnel os seguintes coeficientes de Manning: $n=0,015 \text{ s/m}^{1/3}$ no piso e $n=0,035 \text{ s/m}^{1/3}$ nas paredes laterais e abóbada, resultando num coeficiente médio $n=0,028 \text{ s/m}^{1/3}$. A altura da lâmina d'água será limitada em 0,75D, ou seja, a 3,9 m da altura. A declividade do túnel é de 0,0004 m/m, apresentando uma extensão de 6.500 m.

5.13.1 Aspectos Geológicos

Conforme indicado no desenho EN.B/V.DS.GL.0029, o túnel está localizado no domínio das rochas cristalinas, devendo interceptar na sua primeira metade e no seu trecho final, biotita gnaisse e na sua segunda metade, o migmatito. Exatamente na parte central do túnel, recobrimo o biotita gnaisse, ocorre um espesso depósito aluvionar na superfície.

O emboque foi estabelecido na estaca 193 + 060, onde a sondagem indicou a presença de solo de alteração até 11,1 m de profundidade capeando rocha alterada dura, extremamente fraturada até 13,5 m e rocha alterada dura, medianamente a muito fraturada até 17,0 m. A partir daí, a sondagem intercepta rocha sã, pouco fraturada que se encontra cerca de 3 m acima da abóbada prevista para a cota 598. Levantamentos com sísmica de refração confirmam esse perfil indicando uma velocidade de onda sísmica entre 5.050 e 5.250 m/s para o maciço rochoso são e entre 4.285 e 4.340 m/s para a rocha alterada dura, o que confere ao maciço, segundo classificação de Barton, respectivamente, classes B e C, onde $V_p = \log Q_c - 3.5(\text{Km/s})$. Entretanto, considerando a pequena cobertura, será prudente considerar o maciço rochoso da abóbada como classe C ou D.

No desemboque, estaca 199 + 549, as sondagens indicaram uma cobertura mínima de rocha da ordem de 11 m e a presença de biotita gnaisse são e pouco fraturado na região da abóbada, caracterizando um maciço rochoso classe B, segundo Barton. O perfil sísmico indicou para o maciço rochoso são uma velocidade sísmica entre 5.000 e 5.200 m/s, confirmando as boas características geomecânicas observadas.

Ao longo do túnel foi executado um levantamento sísmico para a avaliação do maciço rochoso, observando-se, regra geral, que para uma profundidade de 20 m a velocidade sísmica é superior a 5.000 m/s, indicando um excelente maciço rochoso, classes A e B. Excepcionalmente, entre as estacas 198 + 900 e 199 + 300 foi interceptada uma zona de baixa velocidade sísmica de 2.100 a 3.000 m/s, admitindo-se no projeto um maciço rochoso da classe D. A sondagem executada na estaca 199 + 100 mostrou que o maciço rochoso apresenta-se alterado e muito fraturado, classe D, confirmando os resultados obtidos no levantamento sísmico. Para este trecho, estabeleceu-se a seção S3 para escavação e estabilização. Na sela existente na estaca 193 + 800 foi executada uma sondagem inclinada de 30 °, que interceptou rocha alterada dura, extremamente fraturada e



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

rocha são, pouco fraturada, respectivamente, a 9,0 m e 12,5 m de profundidade, garantindo uma cobertura de rocha da ordem de 17 m. Ensaio de perda d'água indicaram permeabilidades médias com equivalentes de permeabilidade da ordem de 10^{-4} cm/s e localizadamente, perda d'água total no fecho da abóbada. Tal fato, entretanto, deve ser considerado como esporádico, devendo o maciço rochoso apresentar baixa permeabilidade ao longo das escavações do túnel.

5.13.2 Aspectos Geotécnicos

Com base no conhecimento geológico e na classificação de maciços rochosos de Barton foram definidas 5 (cinco) seções de escavação, representadas no desenho de nº EN.B/V.DS.GL.0029.

A seção de escavação é comum ao longo de todo traçado do túnel, do tipo arco retângulo, com 5,20 m de largura, exceto nos trechos revestidos com concreto estrutural, quando essa largura é de 5,80 m.

Na tabela abaixo apresenta-se um resumo das características de tratamento das seções de escavação.

Características das Seções de Escavação

SEÇÃO	CLASSE DE ROCHA	ÁREA (m ²)	TIRANTES (m/m)	CONCRETO PROJETADO Espessura (m)	TRECHO (estacas)
S1	Independente	30,00	variável	Variável	193+060 a 193+160 199+450 a 199+549
S2	A e B	25,20	esporádico	Eventual	193+260 a 198+070 198+570 a 199+000 199+200 a 199+450
S3	C e D	25,20	7,5	0,05	193+160 a 193+260 198+070 a 198+170 198+470 a 198+570 199+000 a 199+200
S4	E e F	25,20	9,0	0,12	198+170 a 198+270 198+370 a 198+470
S5	G	25,20	Cambotas	0,12	198+270 a 198+370

Obs. A seção S1 é admitida revestida como critério de projeto.

5.13.3 Aspectos Estruturais

O túnel deverá ter o seu piso totalmente regularizado com concreto magro com espessura da ordem de 15 centímetros.

Nos seus 100 m iniciais e finais, seção S1e, em 100 m no trecho central, seção S5, o túnel deverá ser revestido com concreto estrutural, tela soldada Q333, aço CA60B. O revestimento está projetado com 0,30 m de espessura, sendo adotado concreto que apresenta $f_{ck} = 25$ Mpa aos 28 dias

5.14 Pontes e Passarelas

As pontes e passarelas são apresentadas nos desenhos EN.B/V.DS.ET.1001 a 1005.



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

5.14.1 Ponte Tipo 1A ou 1B

São pontes que atravessam perpendicularmente o canal em situação de aterro (1A), ou corte (1B).

Estas pontes apresentam as seguintes principais características:

No. de vãos:	1
Trem tipo	TB 45
Classe	II
Faixa de rolamento :	3,5 m
Acostamento:	2,5 m

Em cada lado do tabuleiro das pontes foram projetados passeios de 1,0 m de largura e guarda corpo de 0,80 m de altura.

5.14.2 Ponte Tipo 1C

São pontes indicadas para estradas vicinais que atravessam perpendicularmente o canal em situação de corte ou aterro. Estas pontes apresentam as seguintes principais características:

No. de vãos:	1
Trem tipo	TB 36
Faixa de rolamento :	3,0 m

Em cada lado do tabuleiro das pontes foram projetados passeios de 1,0 m de largura e guarda corpo de 0,80 m de altura, não apresentando acostamento.

5.14.3 Ponte Tipo 2

São pontes que atravessam os rios ao lado dos aquedutos Jacaré e Caetitu. Estas pontes apresentam as seguintes principais características:

No. de vãos:	2
Trem tipo	TB 45
Classe	IV
Faixa de rolamento :	3,0 m
Acostamento:	1,5 m

Em cada lado do tabuleiro das pontes foram projetados passeios de 1,0 m de largura e guarda corpo de 0,80 m de altura.

5.14.4 Ponte Tipo 3

São pontes que atravessam os rios ao lado dos aquedutos Branco e Barreiros. Estas pontes apresentam as seguintes principais características:

No. de vãos:	3(Branco) 5(Barreiros)
Trem tipo	TB 45
Classe	IV
Faixa de rolamento :	3,0 m
Acostamento:	1,5 m



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

Em cada lado do tabuleiro das pontes foram projetados passeios de 1,0 m de largura e guarda corpo de 0,80 m de altura.

5.14.5 Passarelas

Ao longo do sistema adutor, sobre o canal, foram projetadas cerca de 45 passarelas para passagem de pessoas e animais, apresentando as seguintes principais características:

No. de vãos:	1
Comprimento:	16,1 m
Largura livre:	2,0 m
Largura total:	3,0 m

5.15 Barragens

5.15.1 Classificação

Ao longo do traçado do Trecho V - Eixo Leste, está prevista a construção de 11 barramentos, sendo que 8 são de compensação, ou seja, para suprimento da vazão de projeto durante as 3 horas diárias de interrupção no sistema de bombeamento da transposição e 3 são de compensação e derivação.

A tabela 1 relaciona os barramentos e as principais funções atribuídas:

Tabela 1

Barragem e Dique	Lote	Localização	Função
Areias	6	Entre EBV-1 e EBV-2	Compensação.
Braúnas (barragem e dique)	6	Entre EBV-2 e EBV-3	Compensação.
Mandantes	6	Entre EBV-2 e EBV-3	Compensação.
Salgueiro	6	Entre EBV-3 e EBV-4	Compensação.
Muquém	6	Entre EBV-3 e EBV-4	Compensação e derivação de 10m ³ /s para açude do Juá .
Cacimba Nova (dique)	6	Entre EBV-3 e EBV-4	Compensação.
Bagres	7	Entre EBV-4 e EBV-5	Compensação.
Copiti	7	Entre EBV-4 e EBV-5	Compensação e derivação 18m ³ /s para açude Poço da Cruz.
Moxotó (dique)	7	Entre EBV-4 e EBV-5	Compensação.
Barreiros	7	Entre EBV-5 e EBV-6	Compensação .
Campos	7	Entre EBV-6 e açude Poções	Compensação e derivação de 8m ³ /s para açude Pão de Açúcar



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

5.15.2 Barragem de Areias

As características técnicas principais da barragem Areias, assim como das estruturas localizadas no barramento ou no reservatório constam na tabela a seguir:

BARRAGEM AREIAS		
Características	un	Valor
Trecho		V
Estaca (início e fim)	km	12+865 a 15+660
Coordenadas do Eixo		
Ombreira Direita	N	9.036.319
	E	573.632
Ombreira Esquerda	N	9.035.329
	E	573.840
Área da bacia de Drenagem	km ²	7,5
Área do reservatório no N.A. Normal	km ²	1,45
Tipo de Barragem	Homogênea/Zoneada	
Cota de coroamento	m	362,75
N.A. Maximo maximorum	m	361,60
N.A.Normal	m	361,43
N.A. Normal , regime permanente	m	361,47
N.A. Minimo	m	359,82
Comprimento de crista	m	1011,84
Altura máxima.	m	17,75
Comprimento Máximo do Reservatório	km	2,28
Largura Máxima do Reservatório	km	1,05
Profundidade Máxima do Reservatório	m	16,43
T ipo Vertedouro	Segurança	
▣ Tipo de estrutura	Creager	
▣ Largura	m	45
▣ Cota de soleira livre	m	362,00
▣ Lâmina vertente máxima	m	0,50
▣ Vazão de projeto para TR 1000 anos	m ³ /s	37,00
▣ Vazão de projeto	m ³ /s	28,00
▣Tipo Tomada d'água	uso difuso	
▣Tipo de Registro	Borboleta	
▣Quantidade	un	2
▣ Diametro Nominal	mm	500
▣ Tipo de Valvula	Dispensora	
▣Quantidade	un	2
▣ Diametro Nominal	mm	500
▣ Vazão de projeto	m ³ /s	2,00
▣ Extensão da tubulação	m	
▣ Diametro da tubulação	m	0,70
Estrutura de controle na saída do canal		
▣ Tipo de controle	Comporta de Superfície	
▣ N° de comportas/Segmento	un	2
▣ Vazão de projeto	m ³ /s	2 x 14
BARRAGEM		
▣ Seção Homogênea (solo)	m 3	105887
▣ Seção Zoneada	Solo	49746
	RAM	101005
▣ Filtro Vertical (areia)	m 3	2840
▣ Filtro Horizontal (areia e pedrisco)	m 3	6612
Injeções exploratórias	m	1440



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

5.15.3 Barragem de Braúnas

As características técnicas principais da barragem Braúnas, assim como das estruturas localizadas no barramento ou no reservatório constam na tabela a seguir:

BARRAGEM BRAUNAS		
Características	un	Valor
Trecho		V
Estaca (início e fim)	km	19+760 a 21+572
Coordenadas do Eixo		
Ombreira Direita	N	9.038.348
	E	578.782
Ombreira Esquerda	N	9.037.948
	E	579.329
Área da bacia de Drenagem	km ²	4,6
Área do reservatório no N.A. Normal	km ²	1,13
Tipo de Barragem	Homogênea/Zoneada	
Cota de coroamento	m	402,1
N.A. Maximo maximorum	m	401,14
N.A.Normal	m	400,84
N.A. Normal , regime permanente	m	400,92
N.A. Mínimo	m	399,23
Comprimento de crista	m	677,66
Altura máxima.	m	34,1
Comprimento Máximo do Reservatório	km	1,85
Largura Máxima do Reservatório	km	1,05
Profundidade Máxima do Reservatório	m	32,84
Tipo Vertedouro		
▣ Tipo de estrutura		
▣ Largura		
▣ Cota de soleira livre		
▣ Lâmina vertente máxima		
▣ Vazão de projeto para TR 1000 anos	m ³ /s	
▣ Vazão de projeto	m ³ /s	
Tipo Tomada d'água	uso difuso	
Tipo de Registro	Borboleta	
	un	2
▣ Diametro Nominal	mm	500
▣ Tipo de Valvula	Dispersora	
	un	2
▣ Diametro Nominal	mm	500
▣ Vazão de projeto	m ³ /s	2,00
▣ Extensão da tubulação	m	
▣ Diametro da tubulação	m	0,70
Estrutura de controle na saída do canal		
▣ Tipo de controle		
Comporta de Superfície		
▣ N° de comportas/Segmento	un	2
▣ Vazão de projeto	m ³ /s	2 x 14
Barragem		
▣ Homogêneo (solo)	m ³	162104
▣ Zoneada	Solo	
	m ³	196650
	RAM	
	m ³	355533
▣ Filtro Vertical (areia)	m ³	5491
▣ Filtro Horizontal (areia e pedrisco)	m ³	12812
Injeções exploratórias	m	990



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

5.15.4 Dique do Braúnas

As características técnicas principais do dique do Braúnas, constam na tabela a seguir:

DIQUE BRAUNAS		
Características	un	Valor
Trecho		V
Estaca (início e fim)	km	
Coordenadas do Eixo		
Ombreira Direita	N	9.039.821
	E	580.074
Ombreira Esquerda	N	9.039.723
	E	579.946
Área da bacia de Drenagem	km ²	1,13
Área do reservatório no N.A. Normal	km ²	1,13
Tipo de Barragem	Homogênea/Zoneada	
Cota de coroamento	m	402,1
N.A. Maximo maximorum	m	401,14
N.A.Normal	m	400,84
N.A. Normal , regime permanente	m	400,92
N.A. Minimo	m	399,23
Comprimento de crista	m	
Altura máxima.	m	3,6
Comprimento Máximo do Reservatório	km	1,85
Largura Máxima do Reservatório	km	1,05
Profundidade Máxima do Reservatório	m	32,84
T ipo Vertedouro	Segurança	
▣ Tipo de estrutura	Creager	
▣ Largura	m	45
▣ Cota de soleira livre	m	401,46
▣ Lâmina vertente máxima	m	0,50
▣ Vazão de projeto para TR 1000 anos	m ³ /s	28,70
▣ Vazão de projeto	m ³ /s	28,00
Tipo Tomada d'água		
▣ Vazão de projeto	m ³ /s	
▣ Extensão da tubulação	m	
▣ Diametro da tubulação	m	
Estrutura de controle na saída do canal		
▣ Tipo de controle		
▣ N° de comportas/Segmento	un	
▣ Vazão de projeto	m ³ /s	
Barragem		
▣ Homogêneo (solo)	m ³	10672
▣ Zoneada	Solo RAM m ³	
▣ Filtro Vertical (areia)	m ³	322
▣ Filtro Horizontal (areia e pedrisco)	m ³	752
Injeções exploratórias	m	585



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

5.15.5 Barragem Mandantes

As características técnicas principais da barragem Mandantes, assim como das estruturas localizadas no barramento ou no reservatório constam na tabela a seguir:

BARRAGEM MANDANTES			
Características	un	Valor	
Trecho		V	
Estaca (início e fim)	km	32+370 a 34+473	
Coordenadas do Eixo			
Ombreira Direita	N	9.041.274	
	E	588.492	
Ombreira Esquerda	N	9.040.800	
	E	589.477	
Área da bacia de Drenagem	km ²	23,6	
Área do reservatório no N.A. Normal	km ²	0,76	
Tipo de Barragem	Homogênea/Zoneada		
Cota de coroamento	m	401,5	
N.A. Maximo maximorum	m	400,56	
N.A.Normal	m	399,76	
N.A. Normal , regime permanente	m	399,76	
N.A. Minimo	m	398,15	
Comprimento de crista	m	1530	
Altura máxima.	m	18,5	
Comprimento Máximo do Reservatório	km	2	
Largura Máxima do Reservatório	km	1,75	
Profundidade Máxima do Reservatório	m	16,76	
T ipo Vertedouro	Segurança		
▣ Tipo de estrutura	Creager		
▣ Largura	m	45	
▣ Cota de soleira livre	m	400,62	
▣ Lâmina vertente máxima	m	0,50	
▣ Vazão de projeto para TR 1000 anos	m ³ /s	60,40	
▣ Vazão de projeto	m ³ /s	28,00	
Tipo Tomada d'água	uso difuso		
Tipo de Registro	Borboleta		
Quantidade	un	2	
▣ Diametro Nominal	mm	500	
▣ Tipo de Valvula	Dispensora		
Quantidade	un	2	
▣ Diametro Nominal	mm	500	
▣ Vazão de projeto	m ³ /s	2,00	
▣ Extensão da tubulação	m		
▣ Diametro da tubulação	m	0,70	
Estrutura de controle na saída do canal			
▣ Tipo de controle	Comporta de Superfície		
▣ N° de comportas/Segmento	un	2	
▣ Vazão de projeto	m ³ /s	2 x 14	
Barragem			
▣ Homogêneo (solo)	m ³	95257	
▣ Zoneada	Solo	m ³	59316
	RAM	m ³	122205
▣ Filtro Vertical (areia)	m ³	3456	
▣ Filtro Horizontal (areia e pedrisco)	m ³	8064	
Injeções exploratórias	m	2190	



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

5.15.6 Barragem de Salgueiro

As características técnicas principais da barragem Salgueiro, assim como das estruturas localizadas no barramento ou no reservatório constam na tabela a seguir:

BARRAGEM SALGUEIRO		
Características	un	Valor
Trecho		V
Estaca (Início e fim)	km	37+738 a 38+895
Coordenadas do Eixo		
Ombreira Direita	N	9.045.079
	E	593.541
Ombreira Esquerda	N	9.043.944
	E	592.766
Área da bacia de Drenagem	km ²	6,6
Área do reservatório no N.A. Normal	km ²	1
Tipo de Barragem	Homogênea/Zoneada	
Cota de coroamento	m	460,6
N.A. Maximo maximorum	m	459,60
N.A.Normal	m	459,36
N.A. Normal , regime permanente	m	459,43
N.A. Mínimo	m	457,75
Comprimento de crista	m	1374,87
Altura máxima.	m	17,6
Comprimento Máximo do Reservatório	km	1,6
Largura Máxima do Reservatório	km	1,33
Profundidade Máxima do Reservatório	m	16,36
Tipo Vertedouro	Segurança	
Tipo de estrutura	Creager	
Largura	m	45
Cota de soleira livre	m	459,93
Lâmina vertente máxima	m	0,50
Vazão de projeto para TR 1000 anos	m ³ /s	35,40
Vazão de projeto	m ³ /s	28,00
Tipo Tomada d'água	uso difuso	
Tipo de Registro	Borboleta	
Quantidade	un	2
Diâmetro Nominal	mm	500
Tipo de Valvula	Dispersora	
Quantidade	un	2
Diâmetro Nominal	mm	500
Vazão de projeto	m ³ /s	2,00
Extensão da tubulação	m	
Diâmetro da tubulação	m	0,70
Estrutura de controle na saída do canal		
Tipo de controle	Comporta de Superfície	
Nº de comportas/Segmento	un	2
Vazão de projeto	m ³ /s	2 x 14
Barragem		
Homogêneo (solo)	m ³	64896
Zoneada		
Solo	m ³	117632
RAM	m ³	106747
Filtro Vertical (areia)	m ³	3796
Filtro Horizontal (areia e pedrisco)	m ³	8856
Injeções exploratórias	m	2145



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

5.15.7 Barragem de Muquém

As características técnicas principais da barragem de Muquém, assim como das estruturas localizadas no barramento ou no reservatório constam na tabela a seguir:

BARRAGEM MUQUÉM		
Características	un	Valor
Trecho		V
Estaca (início e fim)	km	69+250 a 70+570
Coordenadas do Eixo		
Ombreira Direita	N	9.059.472
	E	615.509
Ombreira Esquerda	N	9.058.644
	E	614.009
Área da bacia de Drenagem	km ²	63,9
Área do reservatório no N.A. Normal	km ²	0,86
Tipo de Barragem	Homogênea	
Cota de coroamento	m	458,05
N.A. Maximo maximorum	m	457,21
N.A.Normal	m	456,31
N.A. Normal , regime permanente	m	456,4
N.A. Minimo	m	454,7
Comprimento de crista	m	1457,96
Altura máxima.	m	17,05
Comprimento Máximo do Reservatório	km	1,45
Largura Máxima do Reservatório	km	1,25
Profundidade Máxima do Reservatório	m	15,31
T ipo Vertedouro	Cheia	
▫ Tipo de estrutura	Creager	
▫ Largura	m	300
▫ Cota de soleira livre	m	456,91
▫ Lâmina vertente máxima	m	0,50
▫ Vazão de projeto para TR 1000 anos	m ³ /s	132,40
▫ Cota de soleira livre	m ³ /s	86,00
▫ Concreto	m ³	10500,00
▫ Concreto Rolado	m ³	51500,00
Tipo Tomada d'agua	Derivação	
▫ Vazão de projeto	m ³ /s	10,00
▫ Diametro da válvula e registro	mm	900,00
▫ Diametro da tubulação	mm	1800,00
▫ Extensão da tubulação	m	
▫ Diametro da tubulação	m	1,80
Estrutura de controle na saída do canal		
▫ Tipo de controle	Comporta de Superfície	
▫ N° de comportas/Segmento	un	2
▫ Vazão de projeto	m ³ /s	
Barragem		
▫ Homogêneo (solo)	m ³	119499
▫ Enrocamento Compactado	m ³	22000
▫ Filtro Vertical (areia)	m ³	1810
▫ Filtro Horizontal (areia e pedrisco)	m ³	4292
Injeções exploratórias	m	2100



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

5.15.8 Dique Cacimba Nova

As características técnicas principais do dique Cacimba Nova, assim como das estruturas localizadas no barramento ou no reservatório constam na tabela a seguir:

DIQUE CACIMBA NOVA		
Características	un	Valor
Trecho		V
Estaca (início e fim)	km	91+331 a 95+252
Coordenadas do Eixo		
Ombreira Direita	N	9.073.529
	E	623.830
Ombreira Esquerda	N	9.076.304
	E	626.332
Área da bacia de Drenagem	km ²	22,1
Área do reservatório no N.A. Normal	km ²	0,67
Tipo de Barragem	Homogênea	
Cota de coroamento	m	456,3
N.A. Maximo maximorum	m	455,74
N.A.Normal	m	454,26
N.A. Normal , regime permanente	m	454,37
N.A. Minimo	m	452,65
Comprimento de crista	m	3736,3
Altura máxima.	m	11,3
Comprimento Máximo do Reservatório	km	0,54
Largura Máxima do Reservatório	km	3,9
Profundidade Máxima do Reservatório	m	7,26
T ipo Vertedouro	Cheia	
Tipo de estrutura	Creager	
Largura	m	200
Cota de soleira livre	m	455,22
Lâmina vertente máxima	m	0,50
Vazão de projeto para TR 1000 anos	m ³ /s	148,00
Vazão de projeto	m ³ /s	48,00
Concreto	m ³	
Concreto Rolado	m ³	
Tipo Tomada d'água	uso difuso	
Tipo de Registro	Borboleta	
Quantidade	un	2
Diâmetro Nominal	mm	500
Tipo de Valvula	Dispersora	
Quantidade	un	2
Diâmetro Nominal	mm	500
Vazão de projeto	m ³ /s	
Extensão da tubulação	m	
Diâmetro da tubulação	m	
Estrutura de controle na saída do canal		
Tipo de controle	Comporta de Superfície	
N° de comportas/Segmento	un	
Vazão de projeto	m ³ /s	
Barragem		
Homogêneo (solo)	m ³	530737
Enrocamento Compactado	m ³	89420
Filtro Vertical (areia)	m ³	
Filtro Horizontal (areia e pedrisco)	m ³	11416
Injeções exploratórias	m	5550



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

5.15.9 Barragem de Bagres

As características técnicas principais da barragem de bagres, assim como das estruturas localizadas no barramento ou reservatório constam na tabela a seguir:

BARRAGEM BAGRES			
Características	un	Valor	
Trecho		V	
Estaca (início e fim)	km	102+520 a 104+260	
Coordenadas do Eixo			
Ombreira Direita	N	9.078.102	
	E	632.379	
Ombreira Esquerda	N	9.077.851	
	E	633.000	
Área da bacia de Drenagem	km ²	2	
Área do reservatório no N.A. Normal	km ²	0,89	
Tipo de Barragem	Homogênea/Zoneada		
Cota de coroamento	m	510,4	
N.A. Máximo maximum	m	509,51	
N.A. Normal	m	509,3	
N.A. Normal , regime permanente	m	509,35	
N.A. Mínimo	m	507,69	
Comprimento de crista	m	669,56	
Altura máxima.	m	11,4	
Comprimento Máximo do Reservatório	km	1,6	
Largura Máxima do Reservatório	km	0,92	
Profundidade Máxima do Reservatório	m	10,3	
Tipo Vertedouro	Segurança		
▫ Tipo de estrutura	Creager		
▫ Largura	m	30	
▫ Cota de soleira livre	m	509,85	
▫ Lâmina vertente máxima	m	0,50	
▫ Vazão de projeto para TR 1000 anos	m ³ /s		
▫ Vazão de projeto	m ³ /s		
Tipo Tomada d'água	uso difuso		
Tipo de Registro	Borboleta		
▫ Quantidade	un	2	
▫ Diâmetro Nominal	mm	500	
▫ Tipo de Valvula	Dispensora		
▫ Quantidade	un	2	
▫ Diâmetro Nominal	mm	500	
▫ Vazão de projeto	m ³ /s	2,00	
▫ Extensão da tubulação	m		
▫ Diâmetro da tubulação	m	0,70	
Estrutura de controle na saída do canal			
▫ Tipo de controle	Comporta de Superfície		
▫ N° de comportas/Segmento	un	2	
▫ Vazão de projeto	m ³ /s	2 x 14	
Barragem			
▫ Homogêneo (solo)	m ³	12792	
▫ Zoneada	Solo	m ³	36088
	RAM	m ³	13699
▫ Filtro Vertical (areia)	m ³	1035	
▫ Filtro Horizontal (areia e pedrisco)	m ³	2415	
Injeções exploratórias	m	930	



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

5.15.10 Dique de Bagres

As características técnicas principais do Dique Bagres, assim como das estruturas localizadas no barramento ou no reservatório constam na tabela a seguir:

DIQUE BAGRES		
Características	un	Valor
Trecho		V
Estaca (início e fim)	km	
Coordenadas do Eixo		
Ombreira Direita	N	9.078.280
	E	633.705
Ombreira Esquerda	N	9.078.830
	E	634.170
Área da bacia de Drenagem	km ²	2
Área do reservatório no N.A. Normal	km ²	0,89
Tipo de Barragem	Homogênea/Zoneada	
Cota de coroamento	m	510,4
N.A. Maximo maximorum	m	509,51
N.A.Normal	m	509,3
N.A. Normal , regime permanente	m	509,35
N.A. Minimo	m	507,69
Comprimento de crista	m	669,56
Altura máxima.	m	10,4
Comprimento Máximo do Reservatório	km	1,6
Largura Máxima do Reservatório	km	0,92
Profundidade Máxima do Reservatório	m	10,3
T ipo Vertedouro	Segurança	
▣ Tipo de estrutura	Creager	
▣ Largura	m	
▣ Cota de soleira livre	m	
▣ Lâmina vertente máxima	m	
▣ Vazão de projeto para TR 1000 anos	m ³ /s	
▣ Vazão de projeto	m ³ /s	
Tipo Tomada d'agua	uso difuso	
▣ Vazão de projeto	m ³ /s	
▣ Extensão da tubulação	m	
▣ Diametro da tubulação	m	
Estrutura de controle na saída do canal		
▣ Tipo de controle	Comporta de Superfície	
▣ N° de comportas/Segmento	un	
▣ Vazão de projeto	m ³ /s	
Barragem		
▣ Homogêneo (solo)	m ³	14428
▣ Zoneada	Solo	m ³
	RAM	m ³
		27730
▣ Filtro Vertical (areia)	m ³	780
▣ Filtro Horizontal (areia e pedrisco)	m ³	1821
Injeções exploratórias	m	990



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

5.15.11 Barragem de Copiti

As características técnicas da barragem de Copiti, assim como das estruturas localizadas no barramento ou no reservatório constam na tabela a seguir:

BARRAGEM COPITI		
Características	un	Valor
Trecho		V
Estaca (início e fim)	km	117+210 a 119+235
Coordenadas do Eixo		
Ombreira Direita	N	9.087.252
	E	641.135
Ombreira Esquerda	N	9.086.260
	E	942.737
Área da bacia de Drenagem	km ²	9,5
Área do reservatório no N.A. Normal	km ²	0,77
Tipo de Barragem	Homogênea/Zoneada	
Cota de coroamento	m	509,55
N.A. Maximo maximorum	m	508,63
N.A.Normal	m	508,02
N.A. Normal , regime permanente	m	508,06
N.A. Minimo	m	506,41
Comprimento de crista	m	1884,94
Altura máxima.	m	15,55
Comprimento Máximo do Reservatório	km	2,05
Largura Máxima do Reservatório	km	1,84
Profundidade Máxima do Reservatório	m	14,02
T ipo Vertedouro	Segurança	
▫ Tipo de estrutura	Creager	
▫ Largura	m	45
▫ Cota de soleira livre	m	508,67
▫ Lâmina vertente máxima	m	0,50
▫ Vazão de projeto para TR 1000 anos	m ³ /s	57,10
▫ Vazão de projeto	m ³ /s	28,00
Tipo Tomada d'agua	Derivação	
▫ Vazão de projeto	m ³ /s	18
▫ Diametro da válvula e registro	mm	1200
▫ Diametro da tubulação	mm	2400
▫ Extensão da tubulação	m	
▫ Diametro da tubulação	m	2,40
Estrutura de controle na saída do canal		
▫ Tipo de controle	Comporta de Superfície	
▫ N° de comportas/Segmento	un	2
▫ Vazão de projeto	m ³ /s	2 x 14
Barragem		
▫ Homogêneo (solo)	m ³	80846
▫ Zoneada	Solo	m ³
	RAM	m ³
▫ Filtro Vertical (areia)	m ³	4226
▫ Filtro Horizontal (areia e pedrisco)	m ³	9860
Injeções exploratórias	m	2565



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

5.15.12 Dique de Moxoró

As características técnicas principais do dique de Moxotó, assim como das estruturas localizadas no barramento ou no reservatório constam na tabela a seguir:

DIQUE DO MOXOTO		
Características	un	Valor
Trecho		V
Estaca (início e fim)	km	157+612 a 162+125
Coordenadas do Eixo		
Ombreira Direita	N	9.101.468
	E	671.910
Ombreira Esquerda	N	9.103.941
	E	676.779
Área da bacia de Drenagem	km ²	6
Área do reservatório no N.A. Normal	km ²	0,62
Tipo de Barragem	Homogênea	
Cota de coroamento	m	505,6
N.A. Maximo maximorum	m	504,48
N.A.Normal	m	504,07
N.A. Normal , regime permanente	m	504,11
N.A. Minimo	m	502,68
Comprimento de crista	m	5460,95
Altura máxima.	m	10,6
Comprimento Máximo do Reservatório	km	0,8
Largura Máxima do Reservatório	km	4,5
Profundidade Máxima do Reservatório	m	9,07
Tipo Vertedouro	Segurança	
▣ Tipo de estrutura	Creager	
▣ Largura	m	30
▣ Cota de soleira livre	m	504,91
▣ Lâmina vertente máxima	m	0,50
▣ Vazão de projeto para TR 1000 anos	m ³ /s	43,50
▣ Vazão de projeto	m ³ /s	18,00
Tipo Tomada d'água	Uso Difuso	
Tipo de Registro	Borboleta	
▣ Quantidade	un	2
▣ Diametro Nominal	mm	500
▣ Tipo de Valvula	Dispensora	
▣ Quantidade	un	2
▣ Diametro Nominal	mm	500
▣ Vazão de projeto	m ³ /s	2,00
▣ Extensão da tubulação	m	
▣ Diametro da tubulação	m	0,70
Estrutura de controle na saída do canal		
▣ Tipo de controle	Comporta de Superficie	
▣ N° de comportas/Segmento	un	
▣ Vazão de projeto	m ³ /s	
Barragem		
▣ Homogêneo (solo)	m ³	361625
▣ Enrocamento	m ³	39666
▣ Filtro Vertical (areia)	m ³	1206
▣ Filtro Horizontal (areia e pedrisco)	m ³	2814
Injeções exploratórias	m	6030



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

5.15.13 Barragem de Barreiros

As características técnicas principais da barragem de Barreiros, assim como das estruturas localizadas no barramento ou no reservatório constam na tabela a seguir:

BARRAGEM BARREIRO		
Características	un	Valor
Trecho		V
Estaca (início e fim)	km	166+681 a 168+347
Coordenadas do Eixo		
Ombreira Direita	N	9.106.878
	E	678.497
Ombreira Esquerda	N	9.106.252
	E	678.352
Área da bacia de Drenagem	km ²	8,8
Área do reservatório no N.A. Normal	km ²	0,29
Tipo de Barragem	Homogênea/Zoneada	
Cota de coroamento	m	542,1
N.A. Maximo maximorum	m	541,31
N.A.Normal	m	540,71
N.A. Normal , regime permanente	m	540,69
N.A. Minimo	m	539,32
Comprimento de crista	m	643
Altura máxima.	m	12,1
Comprimento Máximo do Reservatório	km	1,8
Largura Máxima do Reservatório	km	0,75
Profundidade Máxima do Reservatório	m	10,31
Tipo Vertedouro	Cheia	
▣ Tipo de estrutura		
▣ Largura	m	50
▣ Cota de soleira livre	m	541,25
▣ Lâmina vertente máxima	m	0,50
▣ Vazão de projeto para TR 1000 anos	m ³ /s	39,70
▣ Vazão de projeto	m ³ /s	18,00
Tipo Tomada d'água	Uso Difuso	
Tipo de Registro		
▣ Quantidade	un	2
▣ Diametro Nominal	mm	500
▣ Tipo de Valvula		
▣ Quantidade	un	2
▣ Diametro Nominal	mm	500
▣ Vazão de projeto	m ³ /s	2,00
▣ Extensão da tubulação	m	
▣ Diametro da tubulação	m	0,70
Estrutura de controle na saída do canal		
▣ Tipo de controle		
▣ N° de comportas/Segmento	un	2
▣ Vazão de projeto	m ³ /s	2 x 9
Barragem		
▣ Homogêneo (solo)	m ³	26540
▣ Zoneada	Solo	m ³
	RAM	m ³
▣ Filtro Vertical (areia)	m ³	1288
▣ Filtro Horizontal (areia e pedrisco)	m ³	3005
Injeções exploratórias	m	960



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

5.15.14 Barragem de Campos

As características técnicas principais da Barragem de Campos, assim como das estruturas localizadas no barramento ou no reservatório constam na tabela a seguir:

BARRAGEM BARREIROS		
Características	un	Valor
Trecho		V
Estaca (início e fim)	km	166+681 a 168+347
Coordenadas do Eixo		
Ombreira Direita	N	9.106.878
	E	678.497
Ombreira Esquerda	N	9.106.252
	E	678.352
Área da bacia de Drenagem	km ²	8,8
Área do reservatório no N.A. Normal	km ²	0,29
Tipo de Barragem	Homogênea/Zoneada	
Cota de coroamento	m	542,1
N.A. Maximo maximorum	m	541,31
N.A.Normal	m	540,71
N.A. Normal , regime permanente	m	540,69
N.A. Minimo	m	539,32
Comprimento de crista	m	643
Altura máxima.	m	12,1
Comprimento Máximo do Reservatório	km	1,8
Largura Máxima do Reservatório	km	0,75
Profundidade Máxima do Reservatório	m	10,31
T ipo Vertedouro	Cheia	
▣ Tipo de estrutura		
▣ Largura	m	50
▣ Cota de soleira livre	m	541,25
▣ Lâmina vertente máxima	m	0,50
▣ Vazão de projeto para TR 1000 anos	m ³ /s	39,70
▣ Vazão de projeto	m ³ /s	18,00
Tipo Tomada d'agua	Uso Difuso	
Tipo de Registro	Borboleta	
▣ Quantidade	un	2
▣ Diametro Nominal	mm	500
▣ Tipo de Valvula	Dispensora	
▣ Quantidade	un	2
▣ Diametro Nominal	mm	500
▣ Vazão de projeto	m ³ /s	2,00
▣ Extensão da tubulação	m	
▣ Diametro da tubulação	m	0,70
Estrutura de controle na saída do canal		
▣ Tipo de controle	Comporta de Superfície	
▣ N° de comportas/Segmento	un	2
▣ Vazão de projeto	m ³ /s	2 x 9
Barragem		
▣ Homogêneo (solo)	m ³	26540
▣ Zoneada	Solo	m ³
	RAM	m ³
		25979
▣ Filtro Vertical (areia)	m ³	1288
▣ Filtro Horizontal (areia e pedrisco)	m ³	3005
Injeções exploratórias	m	960



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

5.16 Vertedouros

Nos reservatórios onde não existe estrutura vertente para a passagem da onda de cheia foram projetados vertedouros de segurança para eventuais problemas de funcionamento do sistema.

Nos reservatórios, onde a cheia de período de retorno de 1000 anos é amortecida dentro dos mesmos, os vertedouros permitem vazões de 28,0 ou 18,0 m³/s, que são as vazões máximas de recalque.

Em todos os casos, dimensionou-se a estrutura vertente para uma carga máxima sobre a soleira de 0,50 m.

A equação utilizada para o dimensionamento dos vertedouros é a seguinte:

$$Q = CLH^{3/2}$$

Onde:

Q = vazão em m³/s

L = largura dos vertedouros, m

H = Carga sobre a soleira, m

C = 1,8 – coeficiente de vazão adotada

Os reservatórios, que têm vertedouros para passagem das enchentes com períodos de retorno de 1000 anos, são:

Muquém, com vazão afluente de 132,4 m³/s e efluente de 86,0 m³/s, para um período de retorno de 1000 anos, cujo comprimento é 300 m, com vazão específica de 0,29 m³/s / m;

Cacimba Nova, com vazão afluente de 148,0 m³/s, vazão efluente de 48,0 m³/s, para um período de retorno de 1000 anos, cujo comprimento é 200 m, com vazão específica de 0,24 m³/s / m;

Barreiros com vazão afluente de 39,7 m³/s e vazão efluente de 1,2 m³/s, para o período de retorno de 1000 anos, cujo comprimento é 50 m, com vazão específica de 0,02 m³/s, onde se observa, em princípio, que as vazões específicas são pequenas e não deverão causar maiores problemas de erodibilidade nos riachos receptores.

Foi adotado, para vertedouros de emergência, um comprimento de 45,0 m, para reservatórios localizados no trecho do canal com vazão de 28,0 m³/s e de 30,0 m, para reservatórios localizados no trecho onde a vazão de dimensionamento é de 18,0 m³/s.

A cota da crista dos vertedouros, em todos os reservatórios deverá estar 0,5 m acima da cota do NAmáx normal do regime permanente dos mesmos.

Todos os vertedouros foram projetados para funcionar como soleira livre e com uma carga máxima de 0,5 m, o que acarretará vazões específicas baixas, conforme indicadas anteriormente.



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

6 . RELAÇÃO DAS OBRAS DO TRECHO V – EIXO LESTE

Descrição	Estacas		Comprimento (m)
	Inicial	Final	
Reservatório Itaparica- Canal de Adução	0+00	5+665	5.665
Transição Canal de Adução – <i>Forebay</i>	5+665	5+710	45
<i>Forebay</i>	5+710	5+865	155
Tomada D'água	5+865		
Estação Elevatória – EBV-1 (28 m³/s)			
Tubulação de Recalque			
Estrutura de saída		6+082	217
<i>Forebay</i>	6+082	6+237	155
Transição - <i>Forebay</i> - Canal	6+237	6+282	45
Canal	6+282		
Transição -- Canal - Reservatório		12+865	6.583
Reservatório Areias	12+865	15+660	2.795
Transição - Reservatório - Canal	15+660		
Comportas Setor			
Canal		17+150	1.490
Transição - Canal - <i>Forebay</i>	17+150	17+195	45
<i>Forebay</i>	17+195	17+350	155
Tomada D'água	17+350		
Estação Elevatória – EBV-2 28,0m³/s			
Tubulação de recalque			
Estrutura de saída		17+513	163
<i>Forebay</i>	17+513	17+668	155
Transição - <i>Forebay</i> - Canal	17+668	17+713	45
Canal	17+713		
Transição - Canal - Reservatório		19+760	2.047
Reservatório Braúnas	19+760	21+572	1.812
Transição - Reservatório - Canal	21+572		
Comportas Setor			
Canal		32+370	10.798
Transição - Canal-Reservatório	32+370		
Reservatório Mandantes		34+473	2.103
Transição - Reservatório - Canal	34+473		
Canal		35+690	1.217
Transição - Canal - <i>Forebay</i>	35+690	35+735	45
<i>Forebay</i>	35+735	35+893	158
Tomada D'água	35+893		
Estação Elevatória – EBV-3 28,0 m³/s			
Tubulação de Recalque			
Estrutura de saída		36+145	252
<i>Forebay</i>	36+145	36+300	155
Transição - <i>Forebay</i> - Canal	36+300	36+345	45



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

Descrição	Estacas		Comprimento (m)
	Inicial	Final	
Canal	36+345		
Transição - Canal - Reservatório		37+738	1.393
Reservatório Salgueiro	37+738		
Transição - Reservatório - Canal		38+895	1.157
Comportas Setor			
Canal	38+895		
Transição - Canal - Reservatório		69+385	30.490
Reservatório Muquém	69+385		
Transição - Reservatório - Canal		70+564	1.179
Comportas Setor			
Canal	70+564	80+740	10.176
Transição - Canal - Aqueduto	80+740	80+760	20
Aqueduto Jacaré	80+760	80+880	120
Transição - Aqueduto - Canal	80+880	80+900	20
Canal	80+900		
Transição - Canal - Reservatório		91+331	10.431
Reservatório Cacimba Nova	91+331		
Transição - Reservatório - Canal		95+252	3.921
Canal	95+252	96+576	1.324
Transição - Canal - Forebay	96+576	96+621	45
Forebay	96+621	96+776	155
Tomada D'água	96+776		
Estação Elevatória – EBV-4 (28,0 m³/s)			
Tubulação de Recalque			
Estrutura de saída		96+990	214
Forebay	96+990	97+145	155
Transição - Forebay - Canal	97+145	97+190	45
Canal	97+190		
Transição - Canal - Reservatório		102+472	5.282
Reservatório Bagres	102+472		
Transição - Reservatório - Canal		104+260	1.788
Comportas Setor			
Canal	104+260	114+865	10.605
Transição - Canal - Aqueduto	114+865	114+885	20
Aqueduto Caetitu	114+885	115+005	120
Transição - Aqueduto - Canal	115+005	115+025	20
Canal	115+025		
Transição - Canal - Reservatório		116+800	1.775
Reservatório Copiti	116+800		
Transição - Reservatório - Canal		119+035	2.235



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

Descrição	Estacas		Comprimento (m)
	Inicial	Final	
Comportas Setor			
Canal	117+035	147+780	28.745
Transição - Canal - Aqueduto	147+780	147+800	20
Aqueduto Branco	147+800	147+950	150
Transição - Aqueduto - Canal	147+950	147+970	20
Canal	147+970	150+980	3.010
Transição - Canal - Aqueduto	150+980	151+000	20
Aqueduto Barreiros	151+000	151+210	210
Transição - Aqueduto - Canal	151+210	151+230	20
Canal	151+230		
Transição - Canal - Reservatório		157+612	6.382
Reservatório Moxotó	157+612		
Transição - Reservatório - Canal		162+125	4.513
Canal	162+125	163+713	1.588
Transição - Canal - <i>Forebay</i>	163+713	163+750	37
<i>Forebay</i>	163+750	163+860	110
Tomada D'água	163+860		
Estação Elevatória – EBV-5 (18 m³/s)			
Tubulação de Recalque			
Estrutura de saída		164+015	155
<i>Forebay</i>	164+015	164+135	120
Transição - <i>Forebay</i> - Canal	164+135	164+185	50
Canal	164+185		
Transição - Canal - Reservatório		166+681	2.496
Reservatório Barretos	166+681		
Transição - Reservatório - Canal		168+347	1.666
Comportas Setor			
Canal	168+347	170+002	1.655
Transição - Canal - <i>Forebay</i>	170+002	170+042	40
<i>Forebay</i>	170+042	170+152	110
Tomada D'água	170+152		
Estação Elevatória – EBV-6 18,0m³/s			
Tubulação de Recalque			
Estrutura de saída		170+379	227
<i>Forebay</i>	170+379	170+489	110
Transição - <i>Forebay</i> - Canal	170+489	170+529	40
Canal	170+529		
Transição - Canal – Reservatório		176+765	6.236
Reservatório Campos	176+765		
Transição - Reservatório – Canal		177+570	805



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

Descrição	Estacas		Comprimento (m)
	Inicial	Final	
Comportas Setor			
Canal	177+570	193+045	15.475
Transição - Canal – Túnel	193+045	193+060	15
Túnel Monteiro	193+060	199+549	6.489
Transição – Túnel – Canal	199+549	199+564	15
Canal	199+564	204+251	4.687
Transição - Canal - <i>Forebay</i>	204+251	204+257	6
<i>Forebay</i>	204+257	204+266	9
Tomada D'água	204+266	204+287	21
Tubo de PVC	204+287	216+247	11.960
Estrutura de Concreto	216+247	216+251	4
Bacia na Saída da Tubulação	216+251	216+271	20
Canal de Restituição ao Reservatório Poções	216+271	216+651	380