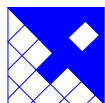




**MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL  
SECRETARIA DE INFRA-ESTRUTURA HÍDRICA**



**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  
R19 – LINHA DE TRANSMISSÃO  
TOMO I - TEXTO**



**TRECHO V – EIXO LESTE  
R19 – LINHA DE TRANSMISSÃO  
TOMO I - TEXTO**

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

## **MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL**

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

**Ministro Estado da Integração Nacional: Ney Robinson Suassuna**

Secretário de Infra-Estrutura Hídrica: Jesus Alfredo Ruiz Sulzer

Coordenador Geral: João Urbano Cagnin

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

Diretor: Luiz Carlos Moura Miranda

## **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

São José dos Campos, janeiro de 2002

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 R19 – Linha de Transmissão – TOMO I - Texto. – São José dos Campos: Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais – FUNCATE, 2002.

71 p

1. Transposição de Águas; Linha de transmissão
- I. Trecho V – Eixo Leste – R19 – Linha de Transmissão – TOMO I - Texto

CDU 556.5:621.3.05

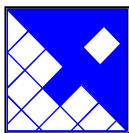
**FUNCATE:**

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

São José dos Campos – SP

CEP: 12210-131

Telefone: (0XX 12) 3925 1399 Fax: (0XX 12) 3941 2829



**FUNCATE**

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

Projeto						Data	
Verificação						Data	
Aprovação						Data	
Aprovação						Data	
Código FUNCATE EN.B/V.RF.LT.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  
R19 - LINHA DE TRANSMISSÃO  
TOMO I - TEXTO**



## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

---

### APRESENTAÇÃO

O presente documento se constitui no Relatório R19 – LINHA DE TRANSMISSÃO – TOMO I - TEXTO, parte integrante do **Projeto Básico do Trecho V – Eixo Leste**, referente ao PROJETO DE TRANSDOSIÇÃO 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
- R19 Linha de Transmissão
  - TOMO I – Texto
  - TOMO II – Desenhos
  - TOMO III - Especificações



## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

---



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

## Capítulo I: Determinação da Diretriz da Linha de Transmissão

---



## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

---

### TOMO I

### RELATÓRIO DE ESTUDOS DO TRAÇADO

#### APRESENTAÇÃO

O desenvolvimento do **Projeto Básico da Linha de Transmissão de 230kV** integrante do sistema de transmissão de energia associado ao Trecho V (Eixo Leste) do Projeto de Transposição de Águas do Rio São Francisco, ou seja, da Linha de Transmissão em 230 kV que terá seu início no ponto de entrega da energia elétrica, a ser situado na Subestação Seccionadora da Linha de Transmissão 230kV Paulo Afonso / Bom Nome, Circuito 1 (04F1), de propriedade da CHESF, e seu percurso até as subestações abaixadoras conectadas a igual número de estações de bombeamento do trecho referido, é apresentado nas páginas a seguir, obedecendo a seqüência abaixo:

- **Capítulo I: Determinação da Diretriz da Linha de Transmissão**
- **Capítulo II: Seleção do Condutor**
- **Capítulo III: Critérios Básicos do Projeto**
- **Capítulo IV: Listas de Materiais, Cronograma e Orçamento**



## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

ÍNDICE	PG
<b>CAPÍTULO I: ESTUDO DO TRAÇADO DA DIRETRIZ DA LINHA DE TRANSMISSÃO (LT) .....</b>	<b>1</b>
<b>1. INTRODUÇÃO E OBJETIVO .....</b>	<b>1</b>
1.1 Produtos Diretos .....	1
1.2 Ressalvas .....	1
<b>2. REFERÊNCIAS E CRITÉRIOS .....</b>	<b>1</b>
2.1 Elementos de Projeto Básico .....	1
2.2 Disposição das Subestações .....	1
2.3 Normas e Recomendações .....	2
2.4 Critérios Eletromecânicos .....	2
2.5 Injunções com Aeronáutica, DNPVN, CPRH e Outros Órgãos Restringentes à LT .....	2
<b>3. CONDICIONANTES DO PROJETO HÍDRICO E SUBESTAÇÕES ELÉTRICAS .....</b>	<b>2</b>
3.1 Configuração Geral .....	2
3.2 Configuração Específica .....	3
<b>4. CONDIÇÕES AMBIENTAIS E DO USO DA TERRA .....</b>	<b>3</b>
4.1 Clima .....	3
4.2 Dados Políticos .....	3
4.3 Utilização Econômica dos Terrenos .....	4
4.4 Vida Silvestre .....	4
<b>5. CARACTERÍSTICAS TOPOMÓRFICAS E GEOTÉCNICAS .....</b>	<b>5</b>
5.1 Topologia dos Terrenos .....	5
5.2 Pedologia Elementar .....	5
5.3 Aspectos de Geotecnia .....	5
<b>6. POSICIONAMENTO DE VÉRTICES E TANGENTES .....</b>	<b>6</b>
6.1 Posicionamento por Coordenadas .....	6
6.2 Tabela Resumida dos Vértices .....	6
6.3 Comentários sobre as Deflexões .....	6
6.4 Comentários sobre as Tangentes - Tabela de Vértices e Tangentes .....	6
6.5 Comentários sobre as Cotas .....	8
<b>7. TRAVESSIAS E CRUZAMENTOS DE SERVIDÕES .....</b>	<b>8</b>
7.1 Travessias de Rodovias Federais e/ou Estaduais, Asfaltadas .....	8
7.2 Travessia de Linhas de Transmissão .....	8
7.3 Interferência com Plano de Proteção ao Vôo em Aeródromo .....	8
<b>8. ESTIMATIVAS DE DESAPROPRIAÇÕES E INDENIZAÇÕES .....</b>	<b>9</b>
8.1 Faixa de Servidão .....	9
8.2 Benfeitorias .....	9





## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

---

8.3 Indenizações por Danos à Vegetação .....	9
9. SUMÁRIO E RECOMENDAÇÕES PARA A IMPLANTAÇÃO .....	10
9.1 Índices.....	10
9.2 Condições Locais.....	10
9.3 Recomendações para Implantação da Diretriz .....	10
9.4 Ressalvas .....	10
10. RELAÇÃO DOS DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA .....	11
ANEXO I – Relatório Fotográfico de Deambulação .....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.



## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

---

### CAPÍTULO I: ESTUDO DO TRAÇADO DA DIRETRIZ DA LINHA DE TRANSMISSÃO (LT)

#### 1. INTRODUÇÃO E OBJETIVO

O presente relatório tem como objetivo apresentar o resultado dos estudos de traçado da diretriz da linha de transmissão de energia elétrica, em 230 kV, destinada ao abastecimento de energia das estações de bombeamento do Projeto de Transposição do Rio São Francisco, no Trecho V - Eixo Leste, a partir da nova Subestação Seccionadora da Linha Paulo Afonso / Bom Nome C1 (CHESF), compreendendo o estabelecimento dos elementos que fundamentarão os demais componentes do Projeto Básico.

Os estudos se constituem, basicamente, na adequação aos condicionantes de locação das instalações hídricas e de suas subestações e aos condicionantes locais do trajeto entre essas instalações, do percurso mínimo e das deflexões ótimas, em função da boa prática vigente na realização de empreendimentos de linhas de transmissão de energia elétrica em alta tensão.

##### 1.1 Produtos Diretos

O trabalho se constitui em uma Tabela de Vértices e Tangentes com suas características geométricas e cartográficas, algumas fotografias atuais das áreas características e de pontos específicos, descrição elementar das travessias de servidões viários, Planta da Diretriz Digital (na escala 1:250.000) ilustrando os aspectos acima, avaliação inicial de benfeitorias e edificações com desapropriações previstas, bem como textos qualificativos pertinentes.

##### 1.2 Ressalvas

Devido à indisponibilidade de elementos e à dispensa tácita justificada pelas características peculiares do empreendimento global, não foi adotada qualquer referência de Relatório de Impacto Ambiental, embora as premissas gerais de respeito ao meio ambiente tenham sido implicitamente consideradas de forma a não haver restrições críticas a linhas de transmissão para o ambiente atravessado.

Não se considerou a avaliação econômica da aquisição de terrenos, tendo em vista sua característica exclusivamente rural e a faculdade de uso de decreto de desapropriação a bem do interesse público da faixa de servidão e indenização eventual de benfeitorias. Entretanto, foi objetivo fundamental o respeito a povoados e construções rurais diversas.

#### 2. REFERÊNCIAS E CRITÉRIOS

##### 2.1 Elementos de Projeto Básico

Foram adotados como premissas do presente estudo de diretriz da LT, de modo geral, os parâmetros contidos nos arquivos digitais de reconstituição aerofotogramétrica da faixa de 100m a partir de eixo preliminar [sf\_tr5\_10\_f01.dgn a \_f28.dgn], bem como dos arquivos das faixas de posicionamento dos Canais e Reservatórios [base trecho 1-3-R0A, ...3-4-R0A e ...4-5r0a.zip].

##### 2.2 Disposição das Subestações

Também foram admitidas as coordenadas e disposições das Estações de Bombeamento e Subestações Abaixadoras dos desenhos Nº EN.B/V.DS.GT.0100 a .0500 R0/C.

Quanto à Subestação de Seccionamento da Linha da CHESF, deverá ser feito um estudo específico, em conjunto com essa Transmissora, inclusive do alteamento das linhas vizinhas existentes de forma a permitir o cruzamento da nova linha de 230kV.

Considerando fundamental o imediato estabelecimento das premissas desta subestação e das alterações das linhas existentes, foi incorporado ao presente Projeto Básico um esboço da locação e geometria desta subestação, uma técnica de elevação das linhas "DuFex" existentes (inclusive anteprojeto de estrutura especial de seccionamento e elevação das linhas) e previsão



## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

---

do respectivo material, que servirão de subsídio para os acertos com a CHESF e o projeto a ser desenvolvido em conjunto com essa empresa.

### 2.3 Normas e Recomendações

Foram adotadas as recomendações e exigências das normas ABNT-NBR-5422 e demais normas ABNT pertinentes, nesta citadas, observados os requisitos do DNER e a Portaria Nº 1.141/GMS de 8/12/87 do Ministério da Aeronáutica.

Também foram respeitadas as recomendações da ELETROBRÁS para Projetos de LT.

### 2.4 Critérios Eletromecânicos

Em consonância com a escolha de torres, preliminarmente adotada a geometria da série padrão atual da CHESF, foi admitida a largura de 50m para a faixa de segurança da servidão.

Os vértices se situam a 50m, no mínimo, dos eixos de rodovia e dos pórticos de subestações, e a 10m dos limites das obras civis do complexo hídrico.

As deflexões são limitadas a 80°, e a 40° quando adjacentes a pórticos de subestações.

### 2.5 Injunções com Aeronáutica, DNPVN, CPRH e Outros Órgãos Restringentes à LT

Não ocorrem travessias de vias navegáveis ou interferências com jazidas nem aproximações de aeródromos homologados, além de Custódia (hoje inoperante) e Sertânia (classe 3, VFR). A mais de 4km e 9km da lateral das respectivas pistas, as torres e cabos da linha não comprometem os Planos de Proteção ao Voo, mas no entanto recomenda-se apresentar ao COMAR o projeto de sinalização das rodovias próximas, tradicionais balizadores para voo de aproximação visual, junto com os documentos regulamentares de localização relativa dos obstáculos (torres).

Também não foram constatados terrenos instáveis, fracos ou inundados, e foi evitada a passagem sobre penhascos escarpados (como o da Serra de Cacimba Nova). Outros obstáculos que surgirem no campo, como futura navegação recreativa nos reservatórios, locais com poeiras, explosões e desmontes, deverão ser examinados quando da implantação da diretriz.

## 3. CONDICIONANTES DO PROJETO HÍDRICO E SUBESTAÇÕES ELÉTRICAS

### 3.1 Configuração Geral

De modo geral, foi seguido o eixo de apoio da faixa de 100m de reconstituição aerofotogramétrica, com pequenos desvios, exceto entre as progressivas 72+500 e 76+000 (maciço rochoso) e nas entradas e saídas das subestações.

Foi abandonada a possibilidade de mudança no “lay-out” dos pórticos de entrada e saída de linhas para acompanhar a diretriz geral reta de uma a outra SE, desejável devido à proximidade das Subestações Abaixadoras às instalações das bombas, canais e tubulações e suas obras de arte, como cortes e aterros. Prevalece a orientação destas, dada em seu Projeto Básico, ditada pelo acompanhamento do relevo, pois de todo modo a locação das torres mais próximas implicará em deflexões severas.

Ao invés disso, o ônus de mais uma torre de ancoragem pesada junto à de Fim-de-Linha pode ser evitado com a definição desta torre para ângulo até 40°, associada a torre de ancoragem pesada apenas no final de cada LT. A viabilidade desta otimização será função, entretanto, do ajuste preciso destes vértices após a locação definitiva das EBs e respectivas SEs, bem como da aceitação pelos pórticos de ângulo de entrada de até 10° com tração reduzida nos condutores. Tudo isto é compatível com a adotada série de torres padrão da CHESF, projetada para cabo condutor 33% maior e generosos coeficientes de segurança.



## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

---

Verificou-se, em princípio, que distância de 10m (suficiente para a maior diagonal) entre o centro da torre e as construções de acessos, taludes, etc., permita a estabilidade destas durante a escavação e carregamento máximo das fundações próximas às EB-V.

Também as travessias dos canais e reservatórios (uma em cada um dos dois primeiros ELOs e quatro no quarto) observaram afastamento mínimo de 20m para o centro de vértices e pontos prováveis de plotação de torres.

Os vãos de pórtico entre 50m e 110m e desnível máximo de 20% permitem pequena variação de altura e esforços, durante construção/ manutenção, suficientes para dimensionamentos usuais de estruturas e descida para equipamentos, mesmo com desvio de 10° para o eixo dos pórticos.

### 3.2 Configuração Específica

Todos estes ajustes foram compatibilizados com os desenhos projetos de implantação das EB-V, apresentados nos arquivos digitais acima citados.

Como as curvas de nível (de metro em metro), que servem de base para seu “*lay-out*”, apresentam uma discrepância de até 50m em distância das curvas de nível das cartas SUDENE (de 40m em 40m de altitude), para as mesmas coordenadas UTM, é necessário ajustar a locação em posição relativa às SE's e ao relevo, em precedência sobre as coordenadas aqui apresentadas, o que só será possível após o projeto final.

Entrementes, para as finalidades deste Projeto Básico, consideram-se válidas as coordenadas e demais parâmetros apresentados no item 6, adiante, em cuja tabela são apresentados estes vértices e tangentes condicionados ao ajuste final do projeto executivo.

## 4. CONDIÇÕES AMBIENTAIS E DO USO DA TERRA

### 4.1 Clima

As condições gerais são as típicas do alto sertão gradualmente mudando para o do “Cariri” pernambucano (altitude de 334 m no início da LT a 540 m próximo ao final dela), com dias secos e quentes (70% a 85% e 25°C a 40°C) e noites menos cálidas no inverno e mais úmidas (15°C a 30°C e 80% a 100%, principalmente nas madrugadas do vale do S. Francisco). A precipitação média é baixa (menos de 850 mm/ano) concentrada nos meses de novembro a fevereiro e mais raro de maio a julho.

O vento é geralmente moderado e pouco turbulento, com rajadas mais comuns de novembro a março dos quadrantes Es- Sudeste (início da LT) e Leste (no seu final) alcançando 22m/s e 25m/s, respectivamente; porém por conta do fenômeno “El Niño” de 1997 a 1999 estimaram-se rajadas canalizadas e tesouras de até 30m/s, descendentes do Cariri (Es- Nordeste), que desligaram temporariamente linhas e devastaram a região pouco ao Norte da LT.

A insolação é elevada, com 200 dias a 250 dias de céu claro por ano, máxima coincidente com vento calmo (1m/s). O nível ceráunico é baixo, com média de 25 dias de trovada por ano, de média intensidade (60kA de pico, curta duração).

A poluição natural é classificada como média a severa (ESDD de 20 a 40 micro Siemens por cm<sup>2</sup>), particularmente pela eventual ocorrência de depósitos de NaCl e KCl superficiais, mais intensos em pontos semi-áridos de bacias sedimentares. Não se teme poluição industrial na região atravessada.

### 4.2 Dados Políticos

Inteiramente dentro do estado de Pernambuco, a diretriz da LT atravessa os seguintes municípios, conforme último senso do IBGE:

- **Floresta**, 24 724 hab. em 3 675 km<sup>2</sup>, onde se acham a SE-E0, -E1, -E2 e E3, com 58,4km (292ha) de eixo entre elas e parte do ELO SE-E3/SE-E4 LT B;
- **Betânia**, 11 305 hab. em 1 227 km<sup>2</sup> com 6,6km (33ha) do mesmo ELO;



## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

---

- **Custódia**, 29 928 hab. em 1 478 km<sup>2</sup>, onde se encontra a SE-E4 e com 33,74km (168,7ha) de parte do ELO SE-E3/SE-E4 e 11,13km (55,7ha) de parte do ELO SE-E4/SE-E5;
- **Sertânia**, 31 643 hab. em 2 350 km<sup>2</sup> onde se acha a SE-N3, com 29 km (142 ha) da LT B. Nome / SE-N3 e 20 km (97 ha) da LT SE-N3 / SE-N2;

Além destes, o município de Petrolândia, 27 264 hab. em 1084 km<sup>2</sup>, com a sede a 35km das SE-EO e SE-E1, apresenta boas condições de apoio aos serviços, com infra-estrutura viária, de telecomunicações e comercial, porém a opção para a escolha mais favorável para sediar os trabalhos de campo deve ser vista em conjunto com as escolhidas para as obras hídricas.

Os muitos povoados rurais são pequenos (em geral, menos de 10% da população do município) e pobres, com presença de minifúndios e propriedades abandonadas pelo êxodo rural, prevendo-se dificuldades e atrasos para o levantamento cadastral.

Não se localizam próximo à diretriz aldeias indígenas, áreas de assentamento agrícola ou acampamentos de "sem-terra".

### 4.3 Utilização Econômica dos Terrenos

A maior parte da área rural é de terras devolutas ou pastos abandonados. Cerca de 20% é improdutivo por falta de solo e/ou água e mais de 20% são usados como pastagens de caprinos e bovinos. A criação de aves e suínos é marginal e a agricultura de subsistência ocupa os 5% restantes da área.

Apesar da relativamente extensa eletrificação rural e rede de estradas rurais, não se nota hoje na faixa percorrida pela LT qualquer indício de investimento financeiro ou valorização da atividade agro-pastoril, exceto a agrovila de Mandantes, próxima à SE-E1. Apenas no Rio S. Francisco se pratica piscicultura sistemática, apesar de haver dois Açudes de porte suficiente e possíveis terrenos impermeáveis / represáveis para tanques.

Embora sem latifúndios ativos, a única faixa com evidência econômica é a do ELO SE-E4 / SE-E5, onde se encontram alguns criadores, dada a proximidade de Sertânia, tradicional centro de rodeios. Aí não se encontraram casas em abandono, mas até algumas em construção.

Pelo acima delineado, exceto poucos casos inevitáveis, o custo de desapropriação de benfeitorias e constituição de servidão de faixa deve ficar abaixo da média regional, conservativamente adotada. A estimativa preliminar de benfeitorias atingidas, essencialmente moradias rurais com menos de 80m<sup>2</sup> (poucas com até 150 m<sup>2</sup>) totalizou 22 unidades, assim distribuídas, por Município:

- **Floresta** = 4 edificações (uma com 217m<sup>2</sup> no ELO SE-E2/ SE-E3; duas com 130 m<sup>2</sup> e uma com 44 m<sup>2</sup> aproximadamente, no ELO SE-E3/SE-E4);
- **Betânia** = 4 edificações com 44 m<sup>2</sup> a 73 m<sup>2</sup> no ELO SE-E3/ SE-E4;
- **Custódia** = 13 edificações, sendo uma com 28 m<sup>2</sup> no ELO SE-E3/ SE-E4, e 12 entre 37 m<sup>2</sup> e 75 m<sup>2</sup> no ELO SE-E4/SE-E5;
- **Sertânia** = 1 edificação com 46 no ELO SE-E4/SE-E5.

### 4.4 Vida Silvestre

Predomina a vegetação de caatinga, com poucos lenhíferos arbustivos e arbóreos, cactáceas alternando-se com gramíneas resistentes à seca, líquens e fungos nos afloramentos rochosos. Pequenas capoeiras menos devastadas subsistem a Nordeste do município de Floresta (SE-E3).

O meio - ambiente degradado por extração de madeira, queimadas, formação de pastos (abandonados nos quadriênios de seca) e pela caça predatória, não preservou os mamíferos grandes nativos. Aves não valorizadas pela caça humana sobrevivem aos rapinantes médios e pequenos que se nutrem dos roedores, répteis e insetos nativos. A frequência de colônias de térmitas e formigas só é notável na metade final da LT, de maior densidade demográfica.



## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

---

Não ocorre Reserva Indígena na região do projeto, sendo mais próxima a Reserva Biológica de Serra Negra, a mais de 10km da SE-E3, na divisa dos Municípios de Floresta, Tacaratú e Inajá.

### 5. CARACTERÍSTICAS TOPOMÓRFICAS E GEOTÉCNICAS

#### 5.1 Topologia dos Terrenos

O planalto é dominado por colinas com afloramentos rochosos entremeadas por vales sedimentares, podendo ser classificado como plano a medianamente ondulado. A diretriz ajustada atinge meia-encostas (~1/6 de declividade) de maciços rochosos, apenas no final do ELO SE-E3 / SE-E4, sendo a declividade típica entre 1/10 e 1/30 adequada a estruturas estaiadas.

Trechos de perfil simulados a partir das curvas de nível permitem prever plotação de torres compatível com gabaritos de catenária para CAA 26/7 a 60°C de vão equivalente de 500m para “EDS” de 20%.

#### 5.2 Pedologia Elementar

Embora não tenha influenciado o traçado da diretriz, o exame do manto superficial de solo revela pontos concernentes às fundações que requerem cuidados prospectivos.

Próximo ao local da SE-E0, na faixa das LT da CHESF e início do ELO SE-E0/SE-E2 ocorre profundo sedimento arenoso fofo, passando a areno-siltoso pouco compacto até as SE-E1 e SE-E2.

Próximo à SE-E4, a deambulação mostrou monólitos graníticos aflorados e encostas de matacões, suficientemente contornados pelos desvios dos vértices V4-4 a V4-7.

Na maior parte da linha, os leitos de cascalho e matacões de blocos graníticos ou areníticos, que a geologia vetusta da região entremeia de sedimentos silto-arenosos pouco argilosos cortados por faixas de solos residuais (latossóis amarelos), formam um quadro de grande complexidade de avaliação preliminar.

O nível d'água é geralmente profundo, exceto nas proximidades de açudes, talvegues profundos e no vale do Rio Maravilha, no terço final do ELO SE-E3/SE-E4.

Embora seja conhecida na região a ocorrência de depósitos salinos arqueológicos, não foram notadas ocorrências de NaCl superficial, que devem ser pesquisadas por seus efeitos corrosivos. O material tem PH ligeiramente ácido, e a resistividade do solo seco esperada é elevada (1 a 3 MΩ.m), na maior parte da diretriz.

#### 5.3 Aspectos de Geotecnia

Os terrenos em quase toda LT apresentam capa de solo compacto geralmente com mais de 3m e afloramentos rochosos pouco freqüentes, adequados para fundação direta.

Metade dos dois ELOs iniciais (3 a 4% da LT), com terrenos fofos, parecem necessitar de importação de material argiloso (jazidas a menos de 20km) e/ou solo-cimento. Entretanto, fora da estação chuvosa, não deve ser necessário escoramento.

Pequena parte dos ELOs SE-E2/SE-E3 (3km), SE-E3/SE-E4 (12km, 2/3 no vale do Riacho Maravilha) e SE-E4/SE-E5 (5km) apresentam solo silto-arenoso fraco, com possibilidade de saturação durante as chovas, provavelmente exigindo reforço nas fundações e algum escoramento se escavadas em estação chuvosa.

Além disso, cerca de 10 torres (3 em vértices) no final do ELO SE-E3/SE-E4 devem recair em afloramentos rochosos, de granito são, requerendo ancoragem direta.

Entre a SE-E2 e a SE-E3, aproximadamente 1km do eixo incide em área de manto de solo pouco espesso, com matacões aflorados, possivelmente permitindo fundações em rocha.





## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

Pelo acima exposto, recomenda-se campanha de prospecções e sondagens em duas etapas, a primeira por amostragem, a segunda para definições especiais e para escolha e medição de obra.

### 6. POSICIONAMENTO DE VÉRTICES E TANGENTES

#### 6.1 Posicionamento por Coordenadas

O desenho de Diretriz Preliminar (nº EN.B/V.DS.LT.0005) ilustra vértices e tangentes definidos em Coordenadas UTM no sistema SA-69, obtidas dos desenhos de locação das SE's, dos arquivos de reconstituição ajustados em cartas da Sudene e leituras por GPS.

#### 6.2 Tabela Resumida dos Vértices

Adiante são listados os Vértices, suas Coordenadas UTM e deflexões, direção e extensão entre eles, e distâncias progressivas a partir de cada SE. Nestas foram incluídos seus barramentos.

#### 6.3 Comentários sobre as Deflexões.

Apenas uma deflexão no ELO SE-E2/SE-E3 e outra no SE-E4/SE-E5 passam de 40°, requerendo torres de fim de linha, o que é satisfatório, pois o rumo da LT não coincide com a orientação das SE-E2 e SE-E5, além de conflitar com as instalações hidráulicas próximo às SE's. Além destas, convém reservar mais uma, pois os ângulos próximos de 39° podem superar o limite das torres de ancoragem leves, mercê dos vãos adjacentes e ajustes do projeto executivo.

#### 6.4 Comentários sobre as Tangentes - Tabela de Vértices e Tangentes

Quatro tangentes (duas antes e duas após a SE-E4) ultrapassam 7km, o que pode exigir fracionamento durante a implantação. Não obstante, pequenas deflexões intermediárias de ajuste são aceitáveis, podendo mesmo ser adequadas pelo projeto executivo durante a plotação, e até ser convenientes para desviar de algum obstáculo particular.

As pequenas tangentes – de fato um vão – nas proximidades das SE's, são críticas para o ajuste do eixo da LT às SE / EBV, como antes mencionado, e devem ser implantadas com cuidado. Além destas, duas tangentes pequenas (V3-5/V3-6, com 420m e V5-2/V5-3, com 514m) tornaram-se necessárias para desvio de talvegues.

Vértice	Coord. X	Coord. Y	Deflexão (° ')	Azimute (° ')	Tangente(m)	Progres. (m)
P 0 Sul	572.504	9.032.988	00°27'E			16,0
V 1 – 1	572.439	9.032.942	05°27'E	233°59'	80,0	96,2
V 1 – 2	570.535	9.031.312	15°20'D	229°26'	2.506,5	2.602,7
V 1 – 3	569.879	9.031.003	17°23'E	244°46'	725,1	3.327,8
V 1 – 4	569.769	9.030.901	19°19'E	227°23'	150,0	3.477,8
V 1 – 5	569.633	9.030.646	13°52'E	208°04'	289,2	3.767,0
P 1 Norte	569.611	9.030.562	06°05'E	194°12'	86,1	3.853,1



## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

Vértice	Coord. X	Coord. Y	Deflexão (° ')	Azimute (° ')	Tangente(m)	Progres. (m)
P 0 Norte	572.530	9.033.008	02°18'E			16,0
V 2 – 1	572.598	9.033.060	05°50'E	52°08'	85,6	101,6
V 2 – 2	572.699	9.033.157	05°40'D	46°18'	140,3	241,9
V 2 – 3	575.372	9.035.248	00°54'E	51°58'	3.393,9	3.635,8
V 2 – 4	576.960	9.036.530	05°06'E	51°04'	2.040,5	5.676,3
V 2 – 5	577.344	9.036.902	37°04'E	45°58'	535,0	6.211,3
V 2 – 6	577.374	9.037.092	33°18'E	08°55'	192,0	6.403,3
P 2 Sul	577.343	9.037.160	07°14'E	335°37'	75,2	6.478,5
P 2 Norte	577.320	9.037.198	09°34'D			44,0
V 3 – 1	577.291	9.037.269	31°04'D	337°57'	77,1	121,1
V 3 – 2	577.318	9.037.436	06°31'E	09°00'	168,9	290,0
V 3 – 3	577.344	9.038.035	45°17'D	02°30'	599,8	889,8
V 3 – 4	579.331	9.039.838	02°16'D	47°48'	2.683,5	3.573,3
V 3 – 5	582.054	9.042.120	07°16'D	50°04'	3.552,4	7.125,7
V 3 – 6	582.408	9.042.346	29°57'D	57°20'	420,0	7.545,7
V 3 – 7	584.523	9.042.447	02°13'D	87°17'	2.117,4	9.663,1
V 3 – 8	590.981	9.042.503	17°12'E	89°30'	6.458,7	16.121,8
V 3 – 9	591.529	9.042.679	34°14'E	72°18'	574,5	16.696,3
P 3 Sul	591.582	9.042.746	08°04'E	38°04'	85,9	16.782,2
P 3 Norte	591.604	9.042.784	06°52'E			44,0
V 4 – 1	591.629	9.042.842	05/06'D	23°08'	62,9	106,9
V 4 – 2	591.795	9.043.153	01°23'D	28°15'	352,7	459,6
V 4 – 3	596.364	9.051.187	21°44'D	29°37'	9.242,3	9.701,9
V 4 – 4	624.503	9.073.690	23°31'E	51°21'	36.030,4	45.732,3
V 4 – 5	625.334	9.075.264	25°32'D	27°50'	1.779,9	47.512,2
V 4 – 6	626.261	9.075.953	29°36'D	53°22'	1.155,0	48.667,2
V 4 – 7	627.540	9.076.111	30°34'E	82°58'	1.288,7	49.955,9
P 4 Sul	627.592	9.076.150	03°39'D	52°24'	61,9	50.017,8
P 4 Norte	627.626	9.076.173	00°21'E			44,0
V 5 – 1	627.710	9.076.231	10°52'E	55°41'	102,3	146,3
V 5 – 2	628.954	9.077.483	09°55'E	44°49'	1.764,9	1.911,2
V 5 – 3	629.248	9.077.905	08°38'D	34°54'	514,3	2.425,5
V 5 – 4	650.853	9.100.647	38°40'D	43°32'	31.367,9	33.793,4
V 5 – 5	676.194	9.104.117	20°30'D	82°12'	25.577,0	59.370,4
V 5 – 6	676.645	9.104.015	56°28'E	102°42'	462,9	59.833,3
V 5 – 7	676.753	9.104.118	38°32'E	46°15'	149,0	59.982,3
P 5 Sul	676.763	9.104.195	07°43'E	07°43'	78,3	60.060,6





## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

---

### 6.5 Comentários sobre as Cotas.

As cotas apresentadas no desenho da diretriz (nº EN.B/V.DS.LT.0005) foram tiradas dos arquivos digitais da FUNCATE, e apresentam pequenos desvios das cotas das cartas da SUDENE. As únicas cotas que necessitam de levantamento preciso durante a implantação da diretriz são as dos vértices e pontos característicos da BR-316 e das estruturas e cabos das LT's da CHESF, dada a necessidade de ajustes do projeto executivo à futura ponte desta Rodovia e do cruzamento com derivação e reforma das LT's.

## 7. TRAVESSIAS E CRUZAMENTOS DE SERVIDÕES

### 7.1 Travessias de Rodovias Federais e/ou Estaduais, Asfaltadas

Foram feitas duas travessias sobre Estradas Federais e uma sobre Estrada Estadual, asfaltadas:

- BR-316: no km 3,5 do ELO SE-E0/SE-E1, a 31 km do trevo de entrada em Floresta, com um ângulo de cruzamento estimado em 63°, sem restrições no atendimento das normas e recomendações, a depender do projeto da futura ponte sobre o canal em 6+483;
- PE-360: no km 16,2 do ELO SE-E3/SE-E4, a 44km de Ibimirim (a 13,4 km da entrada de Airi) e 250m a oeste do Marco RN=431m de altitude, com um ângulo estimado em 56°, sem qualquer restrição;
- BR-232: no km 44,1 da SE-E4 (16km do final da LT), a 11,5km do trevo de entrada de Custódia (a 225m a noroeste da ponte sobre o Riacho do Meio), com um ângulo de cruzamento estimado em 36°, sem nenhuma restrição.

### 7.2 Travessia de Linhas de Transmissão

As únicas linhas de transmissão a serem cruzadas constituem o tronco norte da malha básica da CHESF, três circuitos de 230kV (04-F1, -F2 e -F3) e um de 500kV (05-N1), respectivamente a 78,5km da SE Paulo Afonso III e a 53,5km da SE Luís Gonzaga.

Pendente de definições a se estabelecerem com a CHESF, este estudo adotou como Critério Preliminar de Travessia da Faixa as seguintes premissas:

SE-E0: no limite esquerdo da faixa da CHESF, imediatamente a vante da estrutura 259 do 04-F1 (tipo H-ALS), deste derivando em "fly-tap" entre 10m e 25m à frente daquela; o ângulo de cruzamento é previsto entre 80° e 90° em vão de 55m a 85m em condutor CAA 636MCM "Grosbeak", sem para-raios, indo de estrutura especial de concreto (XH- ALA, ver Des. PTSFV-PBLT- 2C9F) ao pórtico de entrada. Se a CHESF quiser desenergizar a LT após a SE-E0, bastará retirar as pontes da estrutura seguinte (também H- ALS).

LT's 04F1 (vão 257 / 258), 04F2 (vão 79-1 / 79-2) e 04F3 (vão 79-2 / 79-3): no km 0,01 do ELO SE-E0/SE-E2, com um ângulo estimado entre 80° e 90°, necessitando transformar as estruturas dos dois últimos circuitos em H- ALS, com cadeias "DuFex".

LT 05N1 (vão 84-1 / 84-2): no km 0,02 do ELO SE-E0/SE-E2, com um ângulo estimado entre 80° e 90°, passando a 35m a ré da última estrutura, sem restrições.

### 7.3 Interferência com Plano de Proteção ao Vão em Aeródromo

Os únicos aeródromos a menos de 20 km da LT em estudo são os de Custódia (inoperante hoje) e Sertânia, ilustrados no desenho EN.B/V.DS.LT.0005. Rev. 05. O primeiro, à distância maior que 4,4 km da LT e 25 m mais alto, o segundo, a mais de 9 km e 60 m acima da LT, ambos estão com as rampas de aproximação e decolagem direcionadas para longe da diretriz. Em ambos os casos, os Planos Genéricos de Proteção ao Vão são respeitados pelo Projeto Básico.

Não obstante, o Ministério das Forças Armadas / DAC / COMAR exige no Portaria nº 1.141/GMS do Ministério da Aeronáutica, citado no item 2.3 deste relatório a apresentação de projeto



## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

específico de sinalização para LT que se aproxime a menos de 15km de aeródromo homologado.

É recomendado que durante a implantação do traçado sejam feitas as amarrações necessárias para o detalhamento e apresentação do projeto executivo.

### 8. ESTIMATIVAS DE DESAPROPRIAÇÕES E INDENIZAÇÕES

#### 8.1 Faixa de Servidão

A faixa de servidão pode ter área calculada em 50m de largura (conforme cálculo no Capítulo III, Apêndice 5) pelo comprimento total do eixo, com os seguintes descontos:

- cruzamento da faixa de LT's:  $1,8\text{hm} \times (1 / \sin 81^\circ)$  **0,91ha**
- 3 travessias de BR e PE:  $0,5\text{hm} \times (1/\sin 63^\circ + 1/\sin 56^\circ + 1/\sin 36^\circ)$  **2,01ha**
- 6 travessias de futuro canal: (0,36ha no 1º ELO, 0,27ha no 2º e 0,88ha no 4º) **1,15ha**
- área na SE-E0:  $0,5\text{hm} \times 0,72\text{hm}$  (?) **0,36ha**
- áreas nas SE-E1 a -E5:  $0,86\text{ha} + 3,9\text{ha} + 2,04\text{ha} + 1,41\text{ha} + 0,62\text{ha}$  **8.83ha**
- total bruto menos subtotal acima :  $0,5\text{hm} \times 1371,92\text{hm} - 13,26\text{há}$  **672,70ha**
- TOTAL (estimando 2% de áreas sem título regular)  $98\% \times 672,7$  **659,2ha**

Embora a valoração do uso do espaço aéreo mais a locação de torres e o direito de passagem para construção e manutenção sejam simbólicos em latifúndios e terras não aproveitadas, a negociação em minifúndios e povoados rurais tende a ser complexa e onerosa. O custo poderá também ser inflacionado pela propaganda oficial dos benefícios e importância social da obra hidráulica, e pela expectativa gerada pela aquisição de terras para essa mesma obra. Entretanto, na falta de indicador seguro, é válida a referência de preços históricos pagos pela CHESF.

#### 8.2 Benfeitorias

O nível das edificações, basicamente moradias rurais, é baixo, em que pese a seca que vem assolando a região, como se vê em fotos (ANEXO I). A baixa densidade também desonera a remoção, dada a facilidade de afastar para alguns metros e reconstruir sem mudança. Entretanto, haverá necessidade de negociação, caso a caso ou por procedimento padronizado para os processos dos reservatórios e canais, que certamente terá de ser adequada ao mercado da ocasião.

Considerando o pequeno número de casas atingidas pela diretriz estudada, não se mostra necessária uma avaliação específica. Foi adotado o valor médio de  $80\text{m}^2$  de área construída no padrão popular suburbano, ao custo atual de R\$150,00/ $\text{m}^2$ , já descontado em 10% devido à possibilidade de reutilização parcial do material ou do adquirido a granel para as demais obras.

#### 8.3 Indenizações por Danos à Vegetação

Não são esperadas multas do IMA por danos da LT ao ecossistema, dado o porte e a degradação atual da vegetação, e não há expectativa de criação de áreas preservadas.

Apenas pequenos pomares observados e as típicas árvores de sombra podem requerer algum cuidado ou indenização; sendo pouco frequentes e sazonais as culturas de subsistência, os poucos danos não evitados pela Construtora poderão por ela ser assumidos.



## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

### 9. SUMÁRIO E RECOMENDAÇÕES PARA A IMPLANTAÇÃO

#### 9.1 Índices

A diretriz reportada apresenta os seguintes índices:

Extensão de 137,19km (2% abaixo do previsto), parcelada em 2,81% no 1º ELO da LT e 4,72%, 12,23%, 36,46% e 43,78% nos demais, respectivamente. As cordas por ELO, pórtico a pórtico, são de 97,58%, 98,36%, 91,43%, 98,20% e 94,25%, respectivamente. A corda total da LT, que não tem significado devido à passagem obrigatória nas SE-E, tem 130,01km no rumo 55°30' NE. O índice médio de desvio de rota é então de 5,23%.

Deflexões (não incluídas as dos pórticos) são 34, uma a cada 4,0km de LT, sendo 4 até 5°, 28 de 5° a 39° (porém 10 em fim de linha) e 2 entre 40° e 60°. A deflexão média em módulo foi de 16°30' e a máxima foi de 56°28'.

Tangentes: a média geral de 4,03km se distribui nos segmentos de LT, respectivamente, como segue.

• SE-E0 / SE-E1	0,92km
• SE-E0 / SE-E2	1,26km
• SE-E2 / SE-E3	2,07km
• SE-E3 / SE-E4	8,31km
• SE-E4 / SE-E5	9,97km

#### 9.2 Condições Locais

Típicas da região, não apresentam dificuldades maiores para a implantação do empreendimento, nem ambientais, nem de interferências, nem de custos.

Destacam-se apenas os aspectos atípicos de ajustes de engenharia e topografia às aproximações das EBV e da entrada / saída das SE-E0.

Para a construção, ressalta-se a conveniência de estudos geotécnicos e adequação aos terrenos rochosos dominantes bem como aos solos fracos saturados; este particular, pouco freqüente na região, alerta para as interações hídricas das fundações com a transposição das águas.

#### 9.3 Recomendações para Implantação da Diretriz

Durante a implantação, atenção especial deve ser dada aos ajustes dos vértices V1-4 e V1-3 (no cruzamento da BR-316, considerando a futura ponte de travessia do canal), bem como a implantação da SE-E0 (projeto conjunto com a CHESF, tendo em vista a reforma das LT's) e adequação dos vértices adjacentes ao cruzamento com as LT's existentes.

Recomenda-se que se faça tão logo se inicie o projeto, para subsidiar suas possíveis revisões da diretriz, liberar o levantamento de perfil e travessias e desencadear a campanha de sondagens e prospecções.

#### 9.4 Ressalvas

Não foram verificadas travessias de vias navegáveis ou interferências com jazidas nem aproximações de aeródromos homologados, além de Custódia (inativo) e Sertãozinho (classe 3, VFR). A mais de 4km e 9km das pistas, as torres da LT não atingirão as cotas máximas (acima de 554m e 584m + 60m), mas o COMAR deve aprovar o projeto de sinalização.

Também não foram verificadas ocorrências de terrenos instáveis, fracos ou inundados, e foram evitados locais a jusante de barragens (exceto no Reservatório Salgueiro, a 2,4km da SE-E3). Outros obstáculos que surjam no campo, como locais com poeiras, explosões e desmontes



## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

---

(principalmente os das construções de canais e EB-V's) serão examinados quando da implantação.

Na hipótese de ocorrerem eventuais restrições natureza ambiental, esse projeto deverá ser revisado de forma a atender as exigências apresentadas.

### 10. RELAÇÃO DOS DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

- 261-FUN-TSF-RT-XYZ Ver. 0/A – Projeto Básico – Linhas de Transmissão
- Cartas da SUDENE/SGE –SC.24-X-A-V – Airi, -A-II – Betânia, -A-III – Custódia
- Mapas polivisuais – Político / Rodoviário de Pernambuco e do Nordeste – Edições Trieste
- Norma ABNT-NBR-5422 - Projeto de Linhas Aéreas de Transmissão de Energia Elétrica - Procedimento - Fev/1985
- Portaria nº 1.141/GMS, de 08/12/87, do Ministério da Aeronáutica
- Arquivos digitais com Restituição Aerofotogramétrica de faixa de 0,5km do terreno previsto para a LT [sf\_tr5\_10\_f01.dgn a sf\_tr5\_10\_f28.dgn]
- Arquivos digitais das faixas de posicionamento dos Canais e Reservatórios [base trecho1-3-R0A, ...3-4-R0A e ...4-5r0a.zip]
- EN.B/V.DS.GT.0100 - Estação de Bombeamento EB-V1 Arranjo Geral Escavação – Planta
- EN.B/V.DS.GT.0200 - Estação de Bombeamento EB-V2 Arranjo Geral Escavação – Planta
- EN.B/V.DS.GT.0300 - Estação de Bombeamento EB-V3 Arranjo Geral Escavação – Planta
- EN.B/V.DS.GT.0400 - Estação de Bombeamento EB-V4 Arranjo Geral Escavação – Planta
- EN.B/V.DS.GT.0500 - Estação de Bombeamento EB-V5 Arranjo Geral Escavação – Planta





## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

### ANEXO I – Relatório Fotográfico de Deambulação

Transposição de Águas do Rio S. Francisco Eixo L, Trecho V  
Projeto Básico LT 230kV SE-E0 / SE-E1 e SE-E0 / SE-E2 – SE-E3 – SE-E4 – SE-E5



Foto 1:  
16/09/2001, manhã.

BR-316, próximo ao cruzamento da Linha de Transmissão 230 kV SE-E0 / SE-E1, a 31 km de Floresta.



Foto 2:  
16/09/2001, tarde.

PE-360, próximo ao cruzamento da Linha de Transmissão 230 kV SE-E3 – SE-E4, a 44 km de Ibimirim.



Foto 3:  
17/09/2001, manhã.

Estrada Municipal, próximo ao cruzamento da Linha de Transmissão 230 kV SE-E3 – SE-E4, no povoado de Cacimbinha, a 27 km de Maravilha.



## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico



Foto 4:  
17/09/2001, tarde.

BR-232, próximo ao cruzamento da Linha de Transmissão 230 kV SE-E4 – SE-E5, a 14 km de Custódia.



Foto 5:  
16/09/2001, manhã.

Local do cruzamento da Linha de Transmissão 230kV SE-E0 / SE-E2 a 4km da SE-E1, com a Faixa de LT da CHESF, a 80km de Paulo Afonso. Antes desta e à direita da estrut. nº 257 do C1, área adequada à Subestação Seccionadora (SE-E0). À esquerda, estr. 79-1 C2, vista da estr. 84-2 500kV.



Foto 6:  
16/09/2001, manhã.

Lago de Itaparica (ao longe, muito seco) próximo ao local de captação de água do Rio São Francisco (EBV-1), vista da BR-316.





## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico



Foto 7:  
16/09/2001, manhã.

Área próxima ao local da  
SE-E1



Foto 8:  
16/09/2001, manhã.

Área próxima ao local da  
SE-E2



Foto 9:  
17/09/2001, tarde.

Área próxima ao local da  
SE-E4



## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

---



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





## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

ÍNDICE	PG
CAPÍTULO II - SELEÇÃO DO CONDUTOR.....	1
PARTE I - ESCOLHA TÉCNICO-ECONÔMICA DO CABO CONDUTOR .....	1
1. INTRODUÇÃO E OBJETIVO .....	1
2. PROCEDIMENTOS E PREMISSAS .....	1
2.1 Procedimentos Básicos.....	1
2.2 Premissas Técnicas.....	2
2.2.1 Efeito Corona.....	2
2.2.2 Limite Térmico e Capacidade de Corrente (Ampacidade).....	2
2.3 Premissas Econômicas .....	2
2.4 Dados de Potência e Regime de Operação .....	3
3. SÍNTESE GERENCIAL E CONCLUSÕES .....	6
3.1 Síntese da Análise Técnica .....	6
3.2 Síntese da Análise Econômica – Caso Base.....	6
3.3 Síntese da Análise de Sensibilidade.....	6
3.4 Conclusões e Recomendações.....	7
4. ANÁLISES TÉCNICAS.....	8
4.1 Pré-seleção dos Cabos.....	8
4.2 Análise do Limite Térmico x Ampacidade (corrente versus temperatura).....	9
4.2.1 Premissas para cálculo .....	9
4.2.2 Resultados da Ampacidade.....	9
4.3 Análise do Efeito Corona.....	10
5. ANÁLISE ECONÔMICA .....	11
5.1 Caso Base.....	11
5.2 Análise de Sensibilidade .....	12
PARTE II - DESEMPENHO ELÉTRICO DO SISTEMA.....	15
1. OBJETIVO.....	15
2. PREMISSAS.....	15
3. ESTUDOS DE SISTEMA.....	15
3.1 Análise em Regime Permanente .....	15
3.1.1 Objetivo.....	15
3.1.2 Casos simulados.....	15
3.1.3 Apresentação e análise dos resultados .....	16
3.2 Análise em Regime Dinâmico.....	17
3.2.1 Objetivo.....	17
3.2.2 Casos simulados.....	17
3.2.3 Apresentação e análise dos resultados .....	17
4. CONCLUSÃO.....	18
5. DADOS UTILIZADOS NOS ESTUDOS.....	18
5.1 Dados dos Motores das Bombas .....	18



## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

---

5.2 Dados dos Transformadores Abaixadores.....	19
5.3 Dados de linhas de 230kV .....	19
5.4 Equivalente da Rede Básica no Ponto de Conexão.....	19
5.5 Configurações e Condições de Carga .....	20
6. GRÁFICOS DAS SIMULAÇÕES DINÂMICAS .....	20
<u>CASO 1</u> .....	20
<u>CASO 2</u> .....	21
<u>CASO 3</u> .....	21
<u>CASO 4</u> .....	22



## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

---

### CAPÍTULO II - SELEÇÃO DO CONDUTOR

#### PARTE I - ESCOLHA TÉCNICO-ECONÔMICA DO CABO CONDUTOR

##### 1. INTRODUÇÃO E OBJETIVO

O Projeto de Transposição de Águas do Rio São Francisco, no denominado Trecho Leste, derivado da margem pernambucana do reservatório de Itaparica, compreende, no estágio atual 6 (seis) estações de bombeamento destinadas a transposição de águas para o estado da Paraíba, alimentadas por 5 subestações abaixadoras 230/6,9kV, locadas junto às estações de bombeamento com carga elétrica total de 100,4MW no seu estágio final de implantação e funcionamento.

O sistema também contempla o atendimento ao agreste pernambucano com a transposição de águas para a bacia do Ipojuca representando uma carga estimada em 12 MW, totalizando assim uma carga total final de 112,4MW. Os critérios técnicos utilizados admitem no entanto o transporte da potência natural Desta classe de linha, correspondente a cerca de 130 MW.. A alimentação da última estação de bombeamento, de número 6 (seis), e das estações de bombeamento destinadas ao atendimento ao agreste pernambucano derivam da Subestação E-5 em nível de tensão de distribuição, inferior a 230 kV.

O estudo tem por objetivo o dimensionamento do cabo condutor para atendimento às cargas e fornecer os condicionantes para os projetos básico e executivo da Linha de Transmissão, tecnicamente adequada, obedecendo aos critérios de segurança das normas brasileiras pertinentes.

O presente relatório, elaborado em duas partes, apresenta na Parte I os estudos para a definição técnica e econômica do cabo condutor da linha de transmissão de energia, na tensão de 230kV destinada a alimentação das cargas nos trechos compreendidos entre a captação d'água, Subestação E-1, e a subestação E-5 contígua a estação bombeamento número 5 (cinco) e de onde deriva a alimentação das cargas da estação de bombeamento 6 (seis) e das estações de bombeamento do trecho do agreste pernambucano e na Parte II os estudos de desempenho elétrico do sistema.

Desse estudo resulta a definição da Seção de Alumínio do Condutor Singelo capaz de transportar, de forma econômica (menor custo total), a potência necessária ao atendimento às cargas das estações de bombeamento com base nas premissas adotadas do Estudo de Viabilidade.

São objetos dos estudos:

- concepção de premissas e especificação dos dados necessários e adotados para análise;
- pré-seleção das bitolas dos cabos candidatos, análise preliminar técnica e econômica (chamado de caso base), e descarte das alternativas menos promissoras ou que apresentem restrições técnicas quanto ao cabo condutor;
- análise de sensibilidade quanto ao condutor econômico;
- definição da temperatura máxima de operação do cabo, a ser utilizada no projeto, parâmetros de sequência para utilização nos estudos de sistemas.

##### 2. PROCEDIMENTOS E PREMISSAS

###### 2.1 Procedimentos Básicos

O condutor de uma LT representa uma parcela preponderante do custo da instalação. Além disso, influi diretamente no valor das perdas de energia por efeito Joule, efeito esse que é inerente a passagem de corrente através dos cabos condutores. Os estudos típicos mostram que os cabos de bitolas pequenas representam menor investimento inicial porém maior custo anual de perdas da energia transmitida, enquanto as bitolas maiores invertem esse quadro.



## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

---

A análise apontará o cabo mais adequado do ponto de vista técnico-econômico e constará de:

- escolha de bitolas candidatas à aplicação no projeto;
- análise do desempenho técnico dos cabos pré-selecionados, sob o ponto de vista elétrico e térmico, descartando aqueles com desempenho fora de critério;
- avaliação econômica das alternativas tecnicamente aceitáveis, indicando o cabo mais atrativo para as premissas assumidas.

Como procedimento para avaliação da alternativa mais atraente do ponto de vista econômico, será adotado o método de cálculo do Valor Presente do custo de perdas de energia para cada cabo que, somado ao investimento em cada um, apontará a alternativa de menor custo.

### 2.2 Premissas Técnicas

Os dois fatores mais importantes que podem contra-indicar tecnicamente cabos condutores candidatos a aplicação em uma Linha de Transmissão são analisados neste relatório. Segue-se a descrição destes aspectos.

#### 2.2.1 Efeito Corona

Nas linhas de alta tensão, ocorre a formação de campos elétricos elevados na superfície do cabo condutor. Quando esse campo elétrico assume valores excessivos ocorre um fenômeno, chamado de efeito corona que provoca pontos de cintilação luminosa, visível a olho nu, associados com ruído audível intenso e interferências em rádio e TV nas vizinhanças da linha. Além disso, pode causar perdas de energia na linha de transmissão que seriam adicionadas às perdas por efeito Joule já citadas anteriormente.

O valor limite da intensidade do campo elétrico para que esse fenômeno não ocorra é denominado "campo elétrico crítico" ou "gradiente crítico visual".

A bitola mínima, tecnicamente aceitável, é determinada por conta deste aspecto.

#### 2.2.2 Limite Térmico e Capacidade de Corrente (Ampacidade)

Existem dois pontos importantes na definição da capacidade de uma linha de transmissão, dado que ocorre o aquecimento do cabo condutor pela passagem da corrente e o aumento da flecha dos cabos pela dilatação devido a este calor, com conseqüente redução da sua altura em relação ao solo, conforme descrito sucintamente a seguir:

- a temperatura máxima aceitável nos cabos condutores, de forma a evitar degradação permanente dos mesmos (limite térmico do cabo), conforme consenso da bibliografia pertinente, situa-se entre 90°C e 95°C, para cabos de alumínio convencionais.
- o Projeto da LT deve garantir as distâncias de segurança do condutor ao solo, em caso de ocorrência da temperatura máxima prevista para este cabo. - estas distâncias e condições ambientais para o cálculo estão previstas em norma brasileira (NBR-5422).

Por se tratar de uma linha nova, em fase de projeto, a premissa adotada será descartar cabos que ultrapasassem 90°C e indicar a temperatura máxima prevista do condutor para a projeto.

Demais detalhes de critérios e procedimentos de cálculo estão nos itens de análises adiante.

### 2.3 Premissas Econômicas

Conforme já citado, o procedimento para avaliação da alternativa mais atraente sob o ponto de vista econômico será o cálculo do Valor Presente do custo das perdas em um horizonte considerado, que somado ao investimento inicial, deve ter o menor custo total.



## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

---

Para realização desta avaliação serão adotados os seguintes dados, formando o chamado **Caso Base**:

- Horizonte da avaliação – 25 anos;
- Preço da Energia – 50 R\$/MWh;
- Preço do cabo – 7,00 R\$/kg;
- Taxa de desconto (J) – 15% ao ano;

Potência e regime de operação – informados no item seguinte.

No sentido de avaliar a robustez da solução apontada no Caso Base, procedeu-se então a uma análise de sensibilidade, quanto a variações do preço da energia e da taxa de juros, dados estes que mais afetam a competitividade da solução adotada.

### 2.4 Dados de Potência e Regime de Operação

Para uma adequada avaliação técnica é necessário considerar a maior potência prevista que será transmitida pela linha. Para a avaliação econômica são adicionalmente necessários dados sobre o regime anual de operação, ou seja, o número de horas em cada patamar de carga, os estágios de evolução da carga ao longo dos anos, até o horizonte do estudo, e neste caso específico em análise, a distribuição das cargas por segmento de LT (ELO).

Os aspectos econômicos dos cotejos deste Capítulo são função de custo das perdas de energia, que dependem a cada momento das demandas por Elo da linha, cumulativamente no período de remissão, mas predominantemente nos primeiros dez anos de operação. Seria ocioso imaginar um leque de combinações em cada horizonte de carga, de modo que o cronograma de entrada das máquinas e respectivas curvas de carga tomadas como referência, são plenamente satisfatórias e até conservativas para o escopo deste Projeto Básico. Variações de até mais ou menos 10% nos primeiros dez anos e até 20% nos demais, para as demandas simultâneas vezes a distância ao baricentro da carga, não revertem as conclusões do cotejo, já que todas as alternativas eletricamente satisfatórias admitem potências acima de 20% maiores que as informadas, quanto aos critérios técnicos discutidos.

Foi considerado para o estudo, um regime de operação de 50% do tempo em carga máxima e de 50% do tempo a 1/8 desta carga. Isto resulta em um Fator de Carga de 0,563 e um Fator de Perdas de 0,508 (este último calculado de forma direta e não por fórmulas simplificadas).

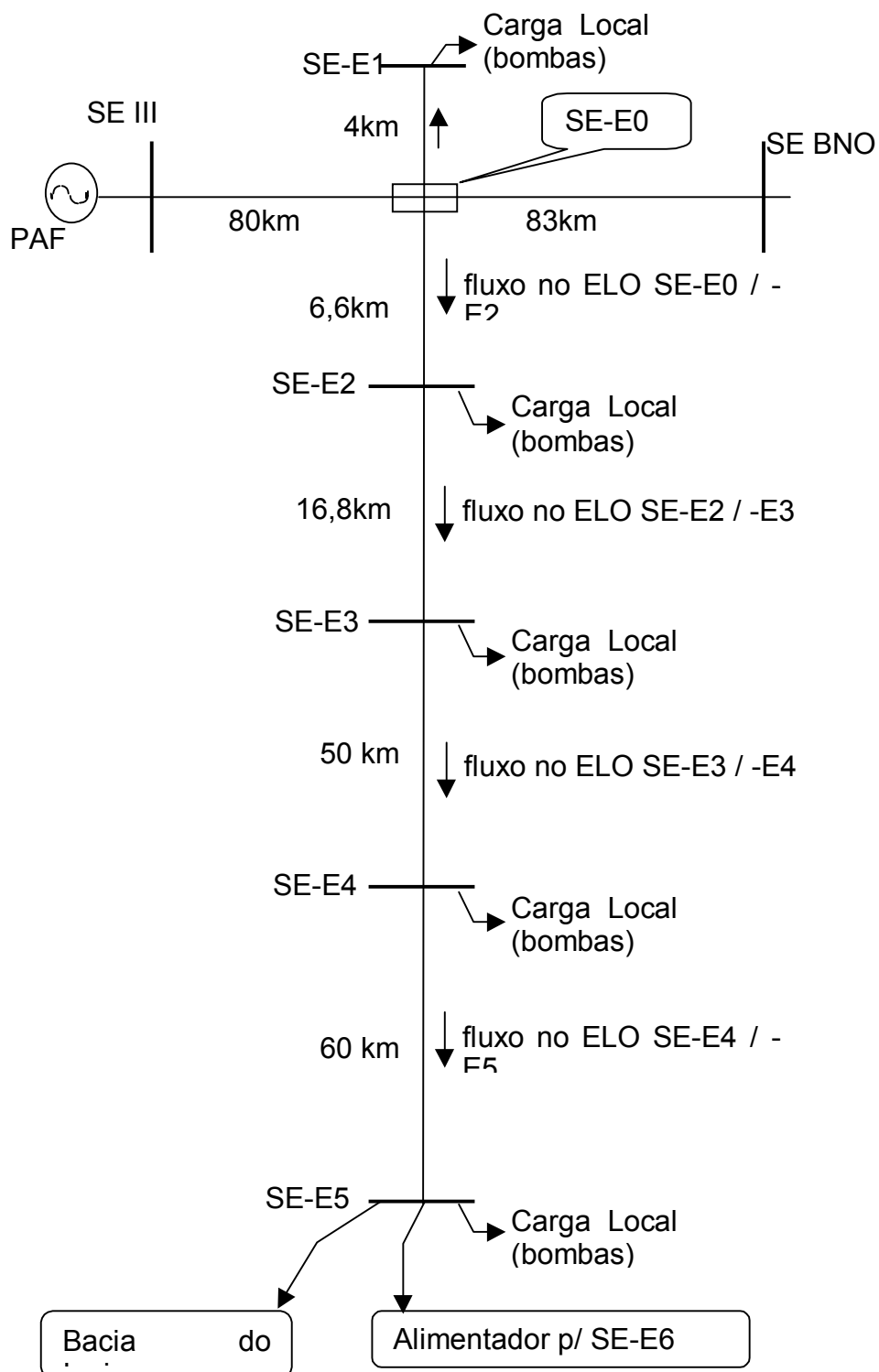
No cálculo de perdas por efeito Joule para a avaliação econômica, e considerando que há uma variação de carregamentos nos segmentos de linha (ELO), adotou-se para a análise inicial a potência do ELO mais carregado, que como pode ser visto no diagrama unifilar e tabelas seguintes, é o ELO SE-E0 / -E2 com 107,3 MVA.

Este dado, junto com o preço da energia e dos cabos, taxa de desconto e horizonte, definidos acima, forma o **Caso Base**. Para a avaliação técnica quanto ao efeito corona (itens 2.2.1 e 4.3) a corrente da linha não tem influência, pois este efeito depende principalmente da tensão. Para avaliação de limite térmico/capacidade de corrente, foi adotado o mesmo carregamento (máximo) do Caso Base aqui referido. Segue-se um diagrama unifilar simplificado e tabelas com a evolução temporal no horizonte, dos carregamentos por Subestação e por ELO.



## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

### DIAGRAMA UNIFILAR SIMPLIFICADO





## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

### Evolução temporal dos carregamentos, por Subestação

	Estágios de carregamento nas SE		
	Ano 1 ao 6	Ano 7 ao 11	Ano 12 ao 26
Carga por SE	MW	MW	MW
SE-E1	10,6	15,9	21,2
SE-E2	7,2	10,8	14,4
SE-E3	10,6	15,9	21,2
SE-E4	10,6	15,9	21,2
SE-E5*	17,2	25,8	34,4

* Detalhe da SE-E5	Estágios de carregamento		
	Ano 1 ao 6	Ano 7 ao 11	Ano 12 ao 26
	MW	MW	MW
Carga local	4,4	6,6	8,8
Alimentador SE-E6	6,8	10,2	13,6
Derivação Ipojuca	6,0	9,0	12,0
Soma conforme Informação Inicial	11,2	16,8	22,4
Soma com Ipojuca	17,2	25,8	34,4

\* Inicialmente não havia sido prevista a derivação para a bacia do Ipojuca

### Evolução Temporal dos Carregamentos, por ELO.

	Estágios de carga nos Segmentos de LT		
	Ano 1 ao 6	Ano 7 ao 11	Ano 12 ao 26
Fluxo por ELO	MVA	MVA	MVA
SE-E0/-E1	12,5	18,7	24,9
SE-E0/-E2	53,6	80,5	107,3
SE-E2/-E3	45,2	67,8	90,4
SE-E3/-E4	32,7	49,1	65,4
SE-E4/-E5	20,2	30,4	40,5

\* Considerando fator de potência das cargas de 0,85, e a carga da SE-E5 incluindo os alimentadores para a SE-E6 e para a bacia do Ipojuca



## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

---

### 3. SÍNTESE GERENCIAL E CONCLUSÕES

Foram pré-selecionados para participar das avaliações técnica e econômica 9 (nove) tipos de cabo dentre os mais usados comercialmente no Brasil. Foram considerados os cabos do tipo CAA - Cabo de Alumínio com alma de Aço (em inglês ACSR - *Aluminum Cable Steel Reinforced*), que são cabos formados por fios de alumínio, e reforçados com fios de aço.

Os cabos considerados, bem como suas características, estão apresentados na tabela do item 4.1. Eles são identificados por um nome comercial, pela seção condutora de alumínio (bitola em MCM) e pela relação entre os fios de alumínio e aço. O conjunto analisado contemplou bitolas desde o 211,6MCM até o 795 MCM.

Sugere-se conhecer, ainda no item 4.1, comentários tecidos sobre uma outra família de condutores, que poderá em breve tornar-se uma alternativa de projeto competitiva, devido a considerações mecânicas e seus reflexos nas estruturas. São os cabos CALA - Cabo de Alumínio com alma de Liga de Alumínio (em inglês ACAR - *Aluminum Conductor Alloy Reinforced*), sobre os quais existe perspectiva de redução de preços associada ao uso mais freqüente no mercado nacional, a exemplo do internacional.

#### 3.1 Síntese da Análise Técnica

Como resultado, esta análise levou ao descarte de algumas bitolas de cabo por violação dos critérios descritos nos itens 2.2 e 4.2.1, a saber:

- o critério de limite térmico não descartou qualquer cabo pois, em virtude dos baixos carregamentos, nenhum atingiria uma temperatura próxima dos 90°C, dentro do horizonte considerado e em qualquer dos ELOS, mesmo para a condição de transporte da potência natural de 126 MW.
- o critério de limite do campo elétrico superficial (efeito corona) levou ao descarte dos cabos entre o 211,1MCM - *Penguin* e o 397,5MCM - *Ibis*, sendo aprovadas as bitolas do 477MCM até o 795MCM, que foi o maior dos cabos analisados.

#### 3.2 Síntese da Análise Econômica – Caso Base

Os cabos aprovados pelo critério técnico foram submetidos a uma avaliação econômica, considerando os custos de aquisição dos mesmos, e o Valor Presente (VP) das perdas, conforme dados e premissas econômicas do item 2.3, e de potência nos ELOs do item 2.4. Os gráficos e tabelas com os valores calculados encontram-se no item 5.1.

Na análise desses resultados do condutor econômico, mesmo para o ELO mais carregado, verificou-se uma tendência favorecendo as bitolas menores. Considerando os cabos aceitos pelo critério técnico, a alternativa que mostrou o menor custo total (soma de Valor Presente das perdas com o investimento) foi o cabo 477MCM.

Para os mesmos dados e premissas econômicas do caso base, e carregamentos (potência) dos outros trechos de linha, os resultados tenderiam para bitolas ainda menores. Mais uma vez o critério técnico prevalece, sendo indicado também o cabo 477MCM.

#### 3.3 Síntese da Análise de Sensibilidade

Para avaliar o efeito de possíveis oscilações dos cenários e conjunturas do setor na escolha do condutor econômico apontado no caso base, procedeu-se a uma análise de sensibilidade com variações nos dados de preço da energia e na taxa de atualização, resultando em 9 combinações destes valores. As tabelas e gráficos no item 5.2 mostram os resultados numéricos para o ELO com carregamento mais elevado, ou seja SE-E0 / -E2. A tabela seguinte, sob a forma de matriz de análise, resume os resultados, mostrando o condutor econômico em cada cenário e a vantagem percentual em relação ao segundo colocado.





## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

Tabela : Análise de sensibilidade do cabo condutor econômico.

Matriz de análise	E = 40 R\$/MWh	E = 50 R\$/MWh	E = 70 R\$/MWh
J = 18%	Hawk-7,1%	Hawk-5,9%	Hawk-3,7%
J = 15%	Hawk-5,7%	Hawk-4,3%	Hawk-2,0%
J = 12%	Hawk-3,9%	Hawk-2,3%	Dove-0,18%

Constata-se que o cabo Hawk 477MCM foi o mais econômico em praticamente todas as alternativas, exceto na combinação E=70 R\$/MWh / J=12%, em que o cabo Dove 556,5MCM foi só cerca de 0,2% melhor.

Para os carregamentos elétricos menores, que ocorrerão em qualquer dos outros ELOS, mesmo com esta combinação de E / J, o cabo Hawk foi sempre o condutor mais econômico.

### 3.4 Conclusões e Recomendações

Condutor Econômico- Considerando que o ELO SE-E0 / SE-E2 representa menos de 5% do comprimento total da linha e que apenas neste ELO só um dos nove cenários apontou o cabo Dove como ligeiramente mais econômico, sendo o Hawk mais econômico nos outros cenários para o mesmo ELO e nos 95% restantes da LT para qualquer dos cenários analisados:

Recomenda-se adotar o cabo Hawk em toda a extensão da linha analisada.

Temperatura de Projeto- Para efeito de projeto executivo deve-se determinar uma temperatura máxima de operação do cabo, na qual as distâncias de segurança de norma, sob a linha, devem ser respeitadas. Considerando o cabo condutor recomendado e condições ambientais típicas mais severas para a região, chega-se à temperatura de projeto de 55°C. A temperatura máxima de projeto (40°C com elevação de 20°C) não será violada com a demanda de até 132 MVA no SE-0/SE-2 que atende a SE-5, incluindo a carga da bacia do Ipojuca no agreste pernambucano. Entretanto, considerando a possibilidade de que a linha em análise venha eventualmente ser solicitada dentro do horizonte de estudo para usos adicionais em termos de inserção regional, tais como Outros Projetos patrocinados pelo Ministério, sugere-se que, na fase de projeto executivo seja realizada uma avaliação da repercussão em termos de custos, para a adoção de uma temperatura circunstancialmente mais elevada, tendo em vista alturas de segurança.

Parâmetros Elétricos- Para efeito de estudos de sistemas são indicados os seguintes parâmetros:

#### Parâmetros de Sequência Positiva

Impedância Longitudinal		Capacitância Transversal	Potência Característica
R	X	[F/km]	[MW]
[ohm/km]	[ohm/km]		
0,126	0,528	8,361E-09	126,6

#### Parâmetros de Sequência Zero

Impedância Longitudinal		Capacitância Transversal
R	X	[F/km]
[ohm/km]	[ohm/km]	
0,469	1,670	6,218E-09



## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

### 4. ANÁLISES TÉCNICAS

#### 4.1 Pré-seleção dos Cabos

Nesta etapa buscou-se contemplar cabos de linha de fabricação normal no Brasil e que fossem mais aplicados comercialmente. Para participar das avaliações técnicas e econômicas foram cotejados 9 cabos diferentes, do tipo CAA - Cabo de Alumínio com alma de Aço ou, como é mais conhecido, tipo ACSR (sigla dos termos em inglês - *Aluminum Cable Steel Reinforced*). Estes cabos são formados por fios de alumínio ASTM-1350 (*American Standard for Testing Materials*), encordoados de forma concêntrica, e reforçados no núcleo com fios de aço EAR (extra-alta resistência) galvanizados.

Os cabos pré-selecionados, bem como algumas de suas características, estão apresentados na tabela a seguir. Eles são identificados por um nome comercial, que no caso do ACSR norma ASTM, são nomes de pássaros em inglês. Cada nome está associado a uma seção condutora (em mcm, mil áreas de círculo Ø 0,001") e a uma formação (nº de fios Al / aço).

**Tabela dos cabos candidatos pré-selecionados**

Código do Condutor	Área [MCM]	Formação Alum / aço	Peso [kgf/m]	Diâmetro [cm]	Tração rup. [kgf]	Rcc25°C [ohm/km]
<i>Penguin</i>	211,6	6/ 1	0,433	1,43	3.819	0,2741
<i>Partridge</i>	266,8	26/ 7	0,547	1,63	5.103	0,2186
<i>Linnet</i>	336,4	26/ 7	0,689	1,83	6.372	0,1736
<i>Ibis</i>	397,5	26/ 7	0,814	1,99	7.343	0,1469
<i>Hawk</i>	477	26/ 7	0,980	2,18	8.813	0,1224
<i>Dove</i>	556,5	26/ 7	1,140	2,36	10.160	0,1048
<i>Grosbeak</i>	636	26/ 7	1,302	2,52	11.340	0,0917
<i>Starling</i>	715,5	26/ 7	1,466	2,67	12.746	0,0815
<i>Drake</i>	795	26/ 7	1,628	2,81	14.152	0,0733

Nas análises realizadas estes cabos foram considerados só na aplicação em arranjos de um cabo por fase, pois os carregamentos elétricos são baixos para feixes de dois cabos por fase.

Outra família de condutores, que poderá em breve tornar-se uma alternativa de projeto competitiva, devido a considerações mecânicas e seus reflexos nas estruturas, é a dos cabos CALA - Cabo de Alumínio com Alma de Liga de Alumínio (em inglês ACAR - Aluminum Conductor Alloy Reinforced). As bitolas nominais em milímetros quadrados padronizadas pela ABNT, equivalentes aos CAA cotejados, são as de 100 a 500 mm<sup>2</sup> de seção total.

Em razão das características elétricas e geométricas semelhantes, os cálculos e conclusões do estudo aqui realizado com os CAA são perfeitamente aplicáveis à seleção de um condutor desta outra família inclusive a otimização econômica, se considerado o mesmo preço por metro linear de cabo. Pelos "preços Lista" atuais, o custo "CIF" do CAL 500mcm (total) é de menos de 90% do Hawk.

O custo total do empreendimento tem forte interação com a utilização das torres, e estas podem ser beneficiadas com o uso desta formação de cabo. Sugere-se que este cotejo e a opção do tipo de cabo seja feito num estudo mecânico, e até a nível de projeto executivo, preferencialmente quando estiver delineada uma data para a efetiva implantação do



## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

empreendimento. Tendo em vista a preconizada redução de preço por metro, perspectiva esta associada ao uso cada vez mais freqüente deste tipo de cabo no mercado nacional (a exemplo do internacional), crê-se que em conjuntura futura esta opção será mais oportuna.

### 4.2 Análise do Limite Térmico x Ampacidade (corrente versus temperatura)

Para a avaliação da Ampacidade utilizou-se o método determinístico, onde são fixados os dados do ambiente e dos condutores, e verificado qual a temperatura atingida pelo cabo para uma dada corrente, conforme a equação de equilíbrio térmico. Como o objetivo aqui era calcular o valor limite, adotou-se a maior potência informada.

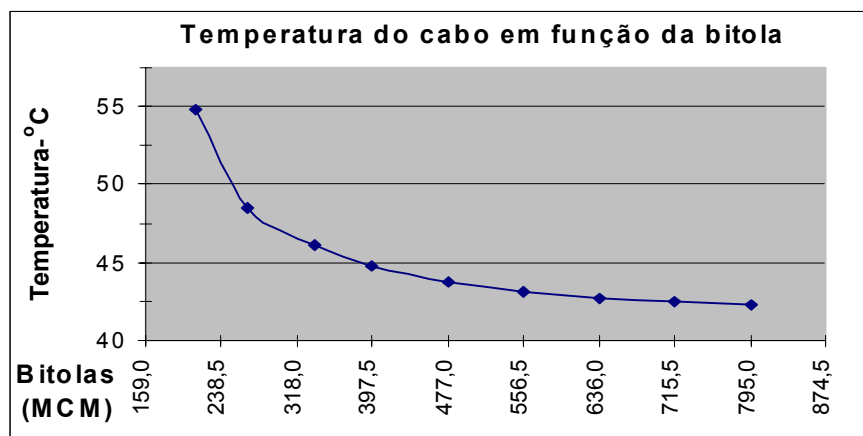
#### 4.2.1 Premissas para cálculo

Foram adotados dados típicos, definidos e obtidos na norma NBR-5422, e em recomendações dos antigos GCPS/GCOI da Eletrobrás, dados estes abaixo relacionados:

- velocidade do vento: 1m/s;
- temperatura ambiente máxima-média: 34°C;
- insolação: 1035W/m<sup>2</sup>, equivalente a um dia de verão;
- coeficiente de emissividade de 0,7 e de absorção de calor de 0,9 , equivalentes a cabo enegrecido pelo uso (fatores estes que dependem do tempo de uso e das condições de agressividade do ambiente local); e
- cálculo da corrente a 1 p.u. de tensão (230kV), na maior potência encontrada (SE-E0 / -E2), ao final do horizonte (Potência = 107,3 MVA; Corrente = 269,4 A.)

#### 4.2.2 Resultados da Ampacidade

Segue-se gráfico com a avaliação das temperaturas atingidas pelos cabos.



Em virtude dos baixos carregamentos da LT, nenhum cabo foi reprovado pelo critério de temperatura máxima (90 oC). Nos valores da tabela com vê-se que até o menor cabo ficaria abaixo de 60 oC. A temperatura nos demais ELOs, de menos carga, seria ainda mais baixa.



## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

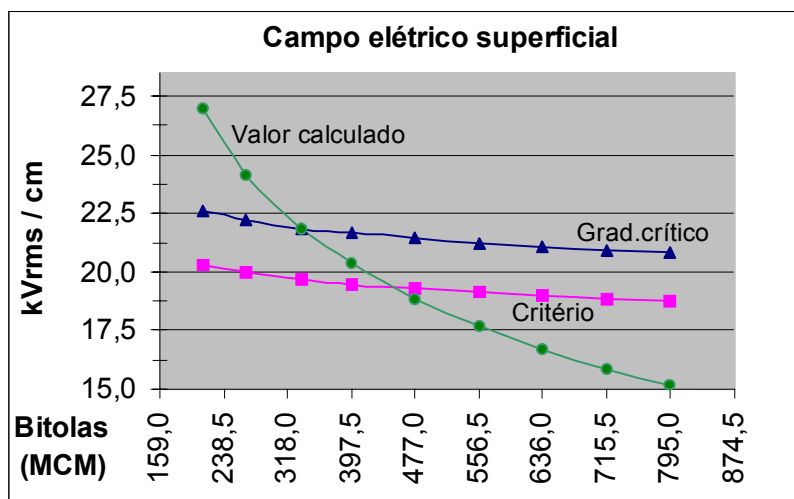
Cabos por fase	Código do Condutor	Área [MCM]	Formação Alum / aço	T-normal oC
1	<b>Penguin</b>	211,6	6 / 1	<b>54,8</b>
1	<i>Partridge</i>	266,8	26 / 7	48,5
1	<i>Linnet</i>	336,4	26 / 7	46,1
1	<i>Ibis</i>	397,5	26 / 7	44,8
1	<b>Hawk</b>	477	26 / 7	<b>43,7</b>
1	<i>Dove</i>	556,5	26 / 7	43,1
1	<i>Grosbeak</i>	636	26 / 7	42,7
1	<i>Starling</i>	715,5	26 / 7	42,5
1	<i>Drake</i>	795	26 / 7	42,3

### 4.3 Análise do Efeito Corona

A análise de campo elétrico superficial é recomendável para avaliar o limite inferior das bitolas que não são aceitáveis. Serão descartadas as que ultrapassariam o gradiente crítico, levando a eflúvios de corona visual, e a suas consequências indesejáveis tais como elevados níveis de ruído audível, interferência em rádio e TV, além de causar perdas de energia.

Os valores calculados são vistos nos gráficos de campo elétrico superficial dos cabos.

A curva “grad. crítico” representa o gradiente crítico visual e é uma característica própria, inerente a cada cabo, independente do número de condutores por fase. A curva “critério” é o limite de aceitação e também se refere a cada cabo, sendo definida como um percentual do primeiro valor, neste caso 90% do gradiente crítico visual. A curva “valor calculado” é fruto da simulação para cada cabo, considerando a distância entre fases (neste caso, a da torre-padrão com um cabo por fase).



Neste caso, com um arranjo de 1 condutor por fase, devem ser descartados os cabos que teriam campos maiores que o critério, ou seja, as bitolas 211,6 mcm - Penguin; 266,8 mcm - Partridge; 336,4 mcm - Linnet e 397,5 mcm - Ibis. Abaixo se vêem os valores encontrados.



## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

Cabos por fase	Código do Condutor	Área	Formação	Grad.critico	Critério	Calculado
		[MCM]	Alum / aço	kV/cm	kV/cm	kV/cm
1	<i>Penguin</i>	211,6	6 / 1	22,56	20,30	26,94
1	<i>Partridge</i>	266,8	26 / 7	22,18	19,96	24,09
1	<i>Linnet</i>	336,4	26 / 7	21,86	19,67	21,83
1	<i>Ibis</i>	397,5	26 / 7	21,64	19,48	20,35
1	<b>Hawk</b>	477	26 / 7	21,41	19,27	18,84
1	<i>Dove</i>	556,5	26 / 7	21,23	19,11	17,65
1	<i>Grosbeak</i>	636	26 / 7	21,08	18,97	16,69
1	<i>Starling</i>	715,5	26 / 7	20,94	18,85	15,88
1	<i>Drake</i>	795	26 / 7	20,83	18,75	15,19

De forma similar, os cabos CALA inferiores a 504 mcm = 255mm<sup>2</sup> não atendem o critério.

### 5. ANÁLISE ECONÔMICA

As premissas e dados adotados nesta análise foram relatados no sub-item 2.3, e os cálculos foram realizados para os cabos que não apresentaram restrições técnicas. Ressalte-se que os custos aqui calculados são para efeito de avaliação comparativa entre alternativas, tomando como referência as premissas assumidas. Estes custos não se prestam à realização de orçamentos para efeito de contratação, os quais deverão ser obtidos com razoável precisão em tempo de projeto executivo, e/ou com maior precisão através de tomada de preço (em regime de “Turn-Key”, por exemplo).

#### 5.1 Caso Base

Os valores encontrados são apresentados adiante sob a forma de gráficos, para as bitolas entre 477 e 795 MCM, pois as bitolas inferiores foram eliminadas na análise técnica. Cada gráfico apresenta as seguintes curvas:

- “Cabos” - representando o investimento, ou seja, os preços de aquisição dos cabos mais um fator, recomendado nos bancos de custos da Eletrobrás, para agregar vários custos indiretos (p.ex: Inspeção, transporte, seguro e almoxarifado do material adquirido, projeto básico, projeto executivo, administração central, administração local, fiscalização, e custos eventuais).
- “Perdas” - representando o custo da operação, ou seja, o cálculo do Valor Presente das perdas anuais de energia durante a operação no horizonte estudado;
- “Soma” - total destes valores, retratando o custo das alternativas em valor presente.

Observa-se que no gráfico a curva de preço de aquisição dos cabos tem crescimento linear com aumento da bitola. Isto ocorre porque os preços atualmente fornecidos pelos fabricantes de cabos são dados em R\$/kg, e são os mesmos para todas as bitolas e para todas as formações.

A curva de perdas é decrescente com o aumento das bitolas, em virtude da redução das resistências ôhmicas. Esta curva se situou num patamar baixo, sem haver cruzamento com a curva “Cabos” (pelo menos no intervalo das bitolas aceitas pelo critério técnico), em virtude dos baixos carregamentos elétricos previstos para as linhas.

Na curva “Soma”, mesmo tendo sido considerado a potência do ELO mais carregado, percebe-se uma tendência de declínio dos valores para as bitolas menores, sendo entretanto limitada ao 477MCM pelo critério técnico já comentado. Diante destas circunstâncias, e para as premissas adotadas no Caso Base, o cabo mais indicado é o 477 MCM 26/7 - Hawk.

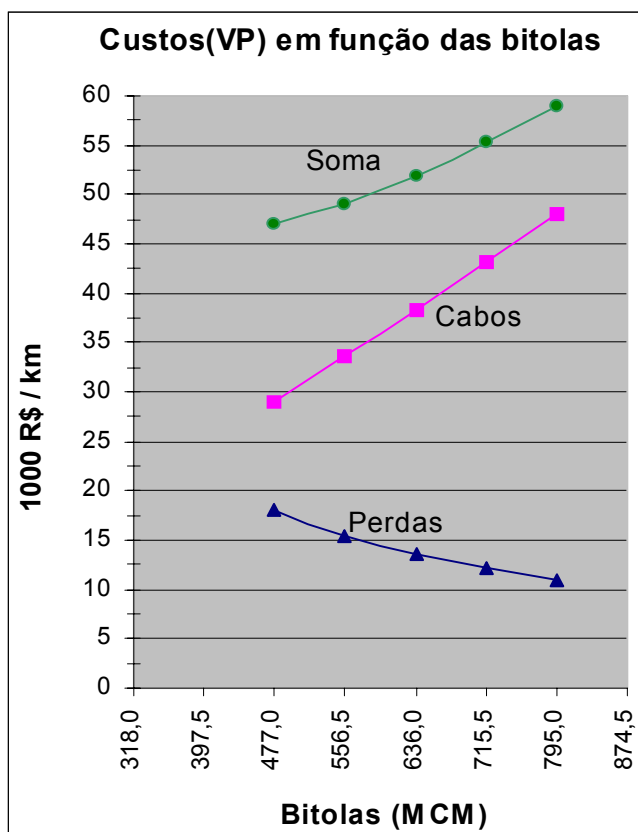
Para os outros ELOs de linha os carregamentos elétricos, e portanto as correntes nos cabos, são menores. Isto tenderia a indicar cabos de bitola ainda menor para o condutor econômico.



## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

Entretanto o condutor 477MCM no Caso Base já tinha sido a menor bitola aceita pelo critério técnico, e portanto é o que deve ser adotado em toda a LT.

Segue-se o gráfico e tabelas com valores encontrados para o Caso Base.



Código do Condutor	Área [MCM]	Formação Alum/aço	Perdas de energia	Total instalação	Total geral 1000R\$/km
<b>Hawk</b>	477	26 /7	18,1	28,9	47,0
<i>Dove</i>	556,5	26 /7	15,5	33,6	49,1
<i>Grosbeak</i>	636	26 /7	13,6	38,4	52,0
<i>Starling</i>	715,5	26 /7	12,1	43,2	55,3
<i>Drake</i>	795	26 /7	10,9	48,0	58,9

### 5.2 Análise de Sensibilidade

Com o objetivo de avaliar a repercussão de variações de alguns dados devido aos cenários e conjunturas econômicas procedeu-se a uma análise de sensibilidade do condutor econômico perante possíveis oscilações.

Foram consideradas variações no preço da energia: E=40; 50; e 70 R\$/MWh - e na taxa de atualização : J=18%; 15%; 12%, resultando em 9 combinações destes valores. As tabelas e gráficos seguintes mostram os resultados para o ELO com o carregamento mais elevado, ou seja SE-E0 / E2.



## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

---

Observe a tendência em que os valores de cada alternativa crescem com o aumento de E, pois as perdas passam a ter um valor maior. A redução da taxa J também tem efeito similar pois quanto menor esta taxa, maior a importância no valor presente (VP) das perdas futuras dentro do horizonte estudado.

Constata-se que o cabo Hawk 477MCM (números em azul na tabela) foi o mais econômico em praticamente todas as alternativas a exceção da combinação E=70 R\$/MWh e J=12% , caso este em que o cabo Dove 556,5MCM foi ligeiramente mais econômico (cerca de 0,2%).

Porém, mesmo com esta combinação de E e J, o cálculo do valor presente, com os carregamentos elétricos de qualquer outro ELO, aponta o cabo Hawk como o condutor mais econômico.

Desta forma, considerando que;

- o ELO SE-E0 / -E2 terá cerca de 6,6 km, o que representa menos de 5% do comprimento total da linha;
- apenas no citado ELO, e em apenas um dos nove cenários, o cabo *Dove* foi o mais econômico, sendo o *Hawk* mais econômico nos outros 8 cenários;
- nos 95% restantes da linha o cabo *Hawk* é o mais econômico em qualquer dos cenários analisados.

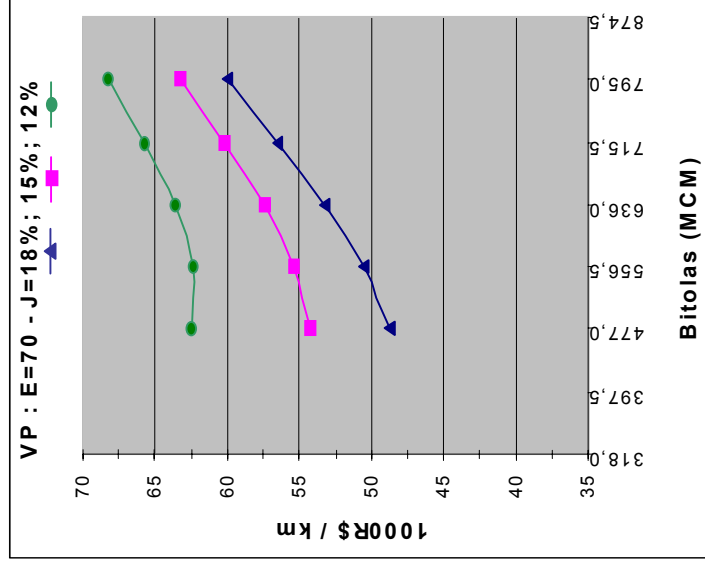
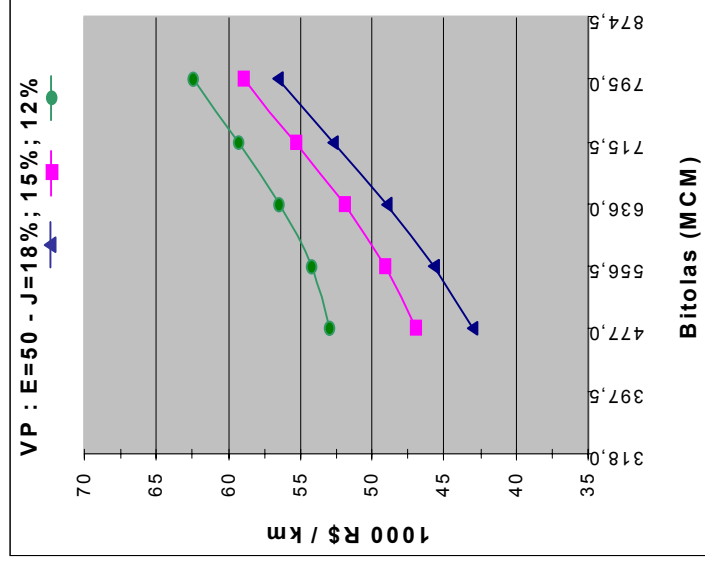
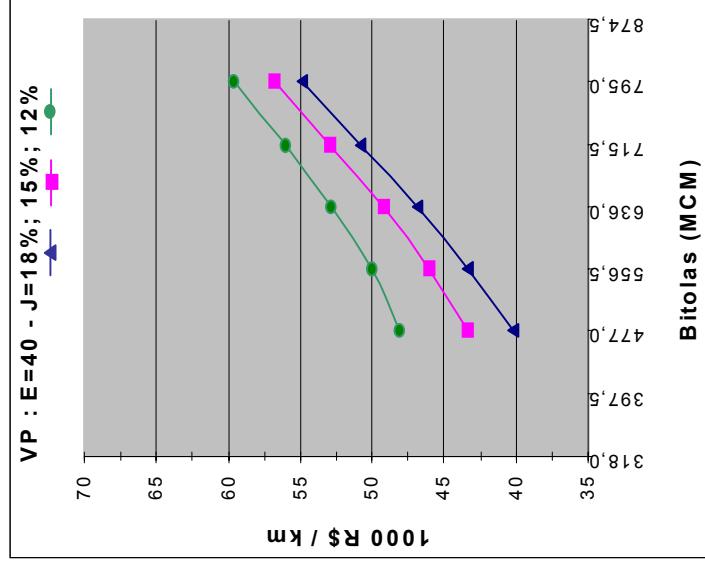
Recomenda-se adotar o cabo Hawk em toda a extensão da linha analisada.



## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

Tabela e Gráficos “EXCEL” da Análise de Sensibilidade

Cabos por fase	Código do Condutor	Área [MCM]	E=40			E=50			E=70		
			J=18%	J=15%	J=12%	J=18%	J=15%	J=12%	J=18%	J=15%	J=12%
1	Hawk	477	<b>40,2</b>	<b>43,4</b>	<b>48,1</b>	<b>43,0</b>	<b>47,0</b>	<b>52,9</b>	<b>48,7</b>	<b>54,3</b>	<b>62,5</b>
1	Dove	556,5	43,3	46,0	50,1	45,7	49,1	54,2	50,6	55,3	<b>62,4</b>
1	Grosbeak	636	46,9	49,3	52,8	49,0	52,0	56,4	53,3	57,4	63,6
1	Starling	715,5	50,8	52,9	56,1	52,7	55,3	59,3	56,5	60,2	65,7
1	Drake	795	54,8	56,7	59,6	56,5	58,9	62,5	59,9	63,3	68,2







## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

---

### PARTE II - DESEMPENHO ELÉTRICO DO SISTEMA

#### 1. OBJETIVO

Este relatório tem como objetivo apresentar os estudos realizados para avaliar o desempenho elétrico do sistema e para fornecer elementos para o projeto das linhas de transmissão em 230kV que atendem as estações de bombeamento.

#### 2. PREMISSAS

Para a realização dos estudos de sistema foram utilizados os dados genéricos conhecidos e disponíveis na fase atual do projeto, bem como parâmetros típicos encontrados na literatura técnica, que substituíram os dados não disponíveis ou não fornecidos. No Item 5 estão listados os dados utilizados nos estudos.

O ponto de conexão do sistema de transmissão em 230kV que atende as estações de bombeamento, é uma derivação na linha de transmissão Paulo Afonso – Bom Nome 230kV, a cerca de 80km de Paulo Afonso, pertencente ao sistema de transmissão da CHESF.

Os motores das bombas são alimentados na tensão de 6,9kV e são do tipo síncrono, oferecendo um recurso para controle de tensão nas estações de bombeamento e do fluxo de potência reativa no ponto de conexão.

Foi considerada a alternativa com cabo HAWK 477 MCM, em função dos indicativos do estudo econômico do cabo. A consideração de outras alternativas de cabos é indiferente para os objetivos dos estudos descritos neste relatório.

Tendo em vista a falta de dados nesta fase do projeto, nos estudos em regime permanente e dinâmico considerou-se a carga da Bacia do Ipojuca e da SE-E6 “equivalentadas” na barra de 230kV da SE-E5 (Tipo ZIP : 50%P – 50%Z). Nas simulações em regime dinâmico não foram representados os reguladores de tensão dos motores.

#### 3. ESTUDOS DE SISTEMA

##### 3.1 Análise em Regime Permanente

###### 3.1.1 Objetivo

Os estudos de fluxo de carga em regime permanente têm como objetivo fornecer elementos para uma análise do desempenho elétrico do sistema quanto aos fluxos de potência ativa e reativa, perdas de transmissão e condições para regulação de tensão. Além disso, neste tipo de análise são gerados os casos base para os estudos em regime dinâmico.

###### 3.1.2 Casos simulados

Nas simulações de fluxo de carga em regime permanente foram consideradas as configurações e condições operativas descritas na Tabela (1), com tensão de 1,0pu na barra de 230kV correspondente ao ponto de conexão.



## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

*Tabela 1 – Descrição dos casos simulados em regime permanente*

CASO	DESCRIÇÃO
1	Configuração inicial (Ano 1 ao 6), motores regulando a tensão nas barras de 6,9kV das estações, em 1,0pu.
2	Configuração inicial (Ano 1 ao 6), motores operando com fator de potência unitário.
3	Configuração inicial (Ano 1 ao 6), motores regulando a tensão nas barras de 6,9kV das estações, em 1,05pu (Sobrecitados).
4	Configuração inicial (Ano 1 ao 6), motores regulando a tensão nas barras de 6,9kV das estações, em 0,95pu (Subexcitados).
5	Configuração final (Ano 12 ao 26), motores regulando a tensão nas barras de 6,9kV das estações, em 1,0pu.
6	Configuração inicial (Ano 12 ao 26), motores operando com fator de potência unitário.
7	Configuração inicial (Ano 12 ao 26), motores regulando a tensão nas barras de 6,9kV das estações, em 1,05pu (Sobrecitados).
8	Configuração inicial (Ano 12 ao 26), motores regulando a tensão nas barras de 6,9kV das estações, em 0,95pu (Subexcitados).

### 3.1.3 Apresentação e análise dos resultados

Na Tabela (2) estão resumidos os resultados das simulações para os casos 1 a 8 relacionados na Tabela (1).

*Tabela 2 – Resultados das simulações de fluxo de carga*

CASO	P (MW)	Q (Mvar)	I (A)	V (pu)	$\angle \theta$ (°)	$\Delta P$ (MW)
1	45,8	-14,5	120,0	1,001	-6,3	0,2
2	45,8	-13,5	119,8	0,997	-6,3	0,2
3	46,1	-36,4	147,4	1,011	-6,1	0,5
4	45,7	7,3	116,2	0,987	-6,5	0,1
5	91,7	-9,3	231,4	0,985	-8,0	0,5
6	91,6	-2,1	230,0	0,980	-8,1	0,4
7	92,3	-45,7	258,5	1,006	-7,9	1,1
8	91,4	27,1	239,3	0,969	-8,1	0,2

Legenda :

P (MW) – Potência ativa na linha SE-E0 / SE-E2.

Q (Mvar) – Potência reativa na linha SE-E0 / SE-E2.

I (A) – Corrente na linha SE-E0 / SE-E2.

V (pu) – Tensão na barra de 230kV da SE-E5, em “pu” na base de 230kV

$\angle \theta$  (o) – Diferença entre o ângulo da tensão na barra de 230kV do ponto de conexão e o ângulo da tensão na barra de 6,9kV da SE-E4.



## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

□P (MW) – Perdas totais na transmissão em 230kV.

A utilização de motores síncronos nas estações de bombeamento permite melhores condições para a regulação de tensão no eixo e controle do fluxo de potência reativa no ponto de conexão. Entretanto, as simulações realizadas indicam a necessidade de uma operação coordenada das estações com relação ao controle da tensão terminal dos motores, visando obter uma regulação de tensão otimizada no eixo.

Para minimizar as perdas nas linhas de 230kV, a condição de operação mais indicada consiste na operação dos motores subexcitados, regulando a tensão na barra de 6,9kV das estações de bombeamento em 0,95pu. Neste caso o fator de potência no ponto de conexão será indutivo. Por outro lado, para aumentar a margem de estabilidade, ou seja, reduzir a diferença angular entre as barras de 6,9kV e a barra do ponto de conexão em 230kV, é melhor operar com os motores sobreexcitados, regulando a tensão na barra de 6,9kV em 1,05pu.

### 3.2 Análise em Regime Dinâmico

#### 3.2.1 Objetivo

Os estudos em regime dinâmico têm como objetivo analisar o desempenho do sistema quanto à estabilidade eletromecânica durante defeitos nas instalações de 230kV e 6,9kV das estações de bombeamento, partida de motores e também quanto aos afundamentos de tensão provenientes de defeitos no sistema de transmissão da Rede Básica.

#### 3.2.2 Casos simulados

A Tabela (3) apresenta uma descrição dos casos simulados em regime dinâmico. O caso base de regime permanente utilizado nas simulações foi o caso com menor margem de estabilidade, ou seja, com maior diferença angular entre as barras de 6,9kV e a barra do ponto de conexão em 230kV, e menores níveis de tensão nas barras de 230kV. Este caso corresponde ao caso 8 da Tabela (2).

*Tabela 3 – Descrição dos casos simulados em regime dinâmico*

CASO	DESCRIÇÃO
1	Afundamento de 15% na tensão da barra de 230kV da subestação Bom Nome, por 1,0s, configuração final (Ano 12 ao 26).
2	Curto-circuito trifásico na barra de 6,9kV da SE-E2 com duração de 100ms, seguido de perda das máquinas na SE-E2, configuração final (Ano 12 ao 26).
3	Partida de motor equivalente na barra de 230kV da SE-E5, simulado como a energização de um reator de 10 Mvar, configuração final (Ano 12 ao 26).
4	Partida de motor equivalente na barra de 230kV da SE-E5, simulado como a energização de um reator de 20 Mvar, configuração final (Ano 12 ao 26).
5	Curto-circuito trifásico na barra de 6,9kV da SE-E5 com duração de 100ms, seguido de perda das máquinas na SE-E5, configuração final (Ano 12 ao 26).
6	Curto-circuito trifásico na barra de 230kV da SE-E5 com duração de 100ms, seguido de perda das máquinas na SE-E5, configuração final (Ano 12 ao 26).

#### 3.2.3 Apresentação e análise dos resultados

A Tabela (4) apresenta um resumo dos resultados obtidos nas simulações em regime dinâmico, tomando como referência as medições em um motor na estação SE-E4.



## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

Tabela 4 – Resultados das simulações em regime dinâmico

Caso	$\Delta V$ (%)	$\Delta \theta$ (°)	$\Delta P$ (MW)	$\Delta Q$ (Mvar)
1	16,5	15,3	0,96	2,25
2	9,9	4,5	0,47	1,97
3	1,1	0,6	0,04	0,19
4	2,2	1,2	0,08	0,38
5	9,8	3,2	0,33	2,03
6	57,4	59,6	3,75	7,70

Legenda :

- $\Delta V$  (%) – Variação da tensão terminal de uma máquina da SE-E4 (5,9 MVA)
- $\Delta \theta$  (°) – Variação de ângulo do eixo q de uma máquina da SE-E4 (5,9 MVA)
- $\Delta P$  (MW) – Variação de potência ativa em uma máquina da SE-E4 (5,9 MVA)
- $\Delta Q$  (Mvar) – Variação de potência reativa em uma máquina da SE-E4 (5,9 MVA)

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 4 e nos gráficos do Item 6, o sistema apresentou um comportamento estável durante todos os casos simulados, com amortecimento adequado das oscilações eletromecânicas, inclusive no caso mais severo que corresponde a um curto-circuito trifásico na barra de 230kV da SE-E5.

A partida de motores nas estações de bombeamento deverá provocar variações de tensão inferiores a 5% nas barras de 230kV e 6,9kV, e pequenas variações de ângulo nas máquinas, indicando que o sistema é adequado do ponto de vista de partida de máquinas. Entretanto, as condições para a partida de máquinas da SE-E6 e na Bacia do Ipojuca, só poderão ser avaliadas após a definição dos dados dos alimentadores e transformadores que alimentam estas estações.

## 4. CONCLUSÃO

As análises em regime permanente mostram a viabilidade da solução do ponto de vista de regulação de tensão e fluxos de potência ativa e reativa. A utilização de motores síncronos nas estações de bombeamento permite melhores condições para a regulação de tensão no eixo e controle do fluxo de potência reativa no ponto de conexão. Entretanto, as simulações realizadas indicam a necessidade de uma operação coordenada das estações com relação ao controle da tensão terminal dos motores, visando obter uma regulação de tensão otimizada no eixo.

As análises em regime dinâmico mostram condições de operação satisfatórias do ponto de vista de estabilidade eletromecânica e amortecimento das oscilações de potência, inclusive apresentando boas condições para a partida de máquinas, com variações de tensão inferiores a 5% nas barras de 230kV e 6,9kV das estações elevatórias. A partida de máquinas da SE-E6 e na Bacia do Ipojuca, deverá ser analisadas quando da definição das características dos alimentadores e transformadores de 69kV.

## 5. DADOS UTILIZADOS NOS ESTUDOS

### 5.1 Dados dos Motores das Bombas



## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

Tipo	Síncrono
Tensão nominal (kV)	<b>6,9</b>
Potência nominal Sn (MVA)	5,9
Xd ( % )	94
Ra ( % )	0,65
Xq ( % )	46
X'd ( % )	30
Xl ( % )	4,98
X''d( % )	18,9
Xo ( % )	5,0
T'd (s)	0,66
T''d(s)	0,01
T''q (s)	0,095
H (MWs/MVA)	0,8

(\*) Parâmetros na base da potência nominal da unidade

### 5.2 Dados dos Transformadores Abaixadores

Relação nominal	230 / 6,9 kV
Impedância (%)	10
Potência nominal Sn (MVA)	12,5

### 5.3 Dados de linhas de 230kV

R1 (ohm/km)	X1 (ohm/km)	B1 (μmho/km)
0,126	0,528	3,152

Trecho	Comprimento (km)
Conexão (CHESF) / SE-E1	4,0
SE-E1 / SE-E2	6,6
SE-E2 / SE-E3	16,8
SE-E3 / SE-E4	50,0
SE-E4 / SE-E5	60,0

### 5.4 Equivalente da Rede Básica no Ponto de Conexão

$Z1 = 0,8638 + j5,5163$  (% na base de 100 MVA)



## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

### 5.5 Configurações e Condições de Carga

#### Configuração inicial (Ano 1 ao 6)

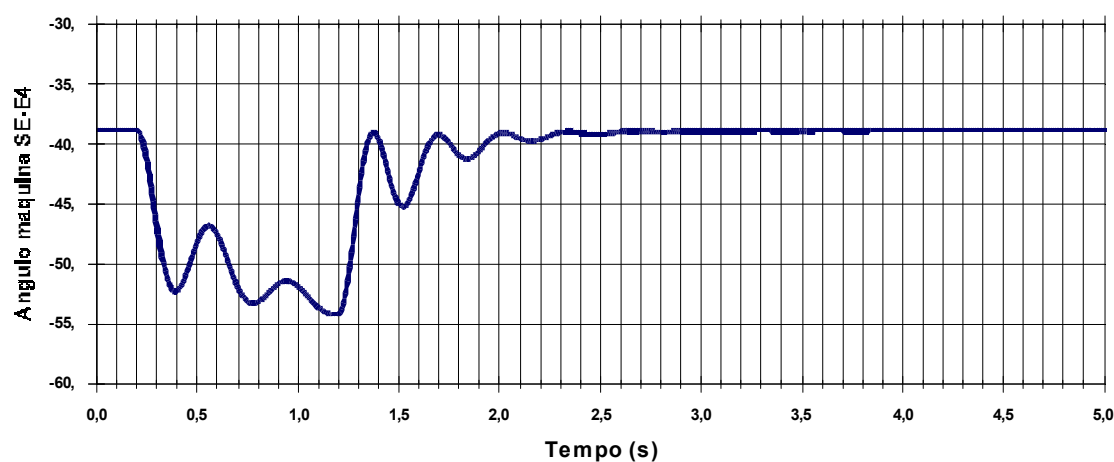
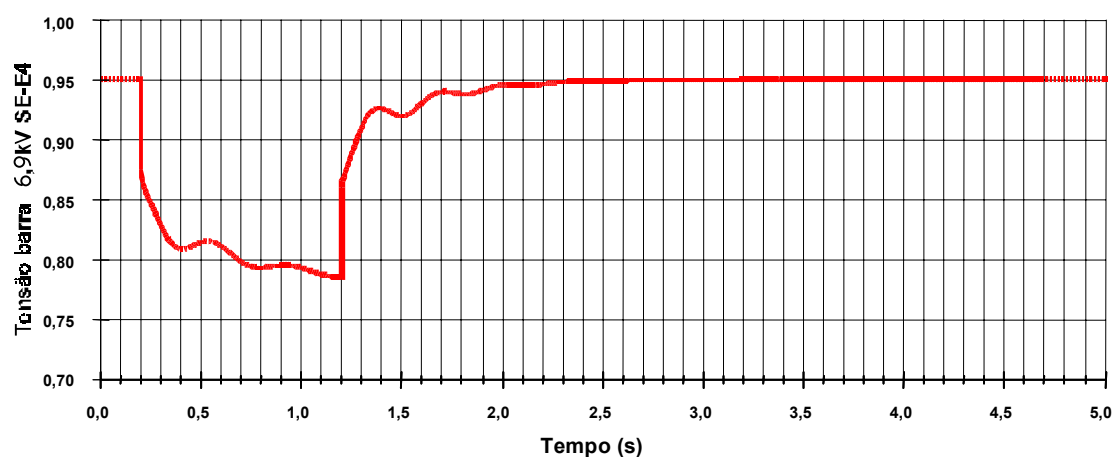
Cada estação de bombeamento é equipada com um transformador 230/6,9kV – 12,5 MVA e dois motores síncronos conectados às barras de 6,9kV.

#### Configuração final (Ano 12 ao 26)

Cada estação de bombeamento é equipada com dois transformadores 230/6,9kV – 12,5 MVA e quatro motores síncronos, conectados às barras de 6,9kV.

## 6. GRÁFICOS DAS SIMULAÇÕES DINÂMICAS

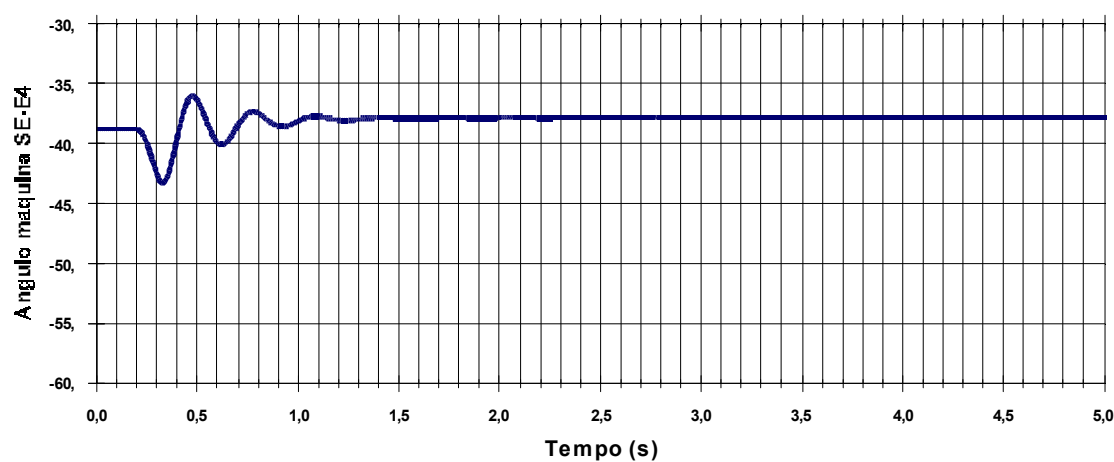
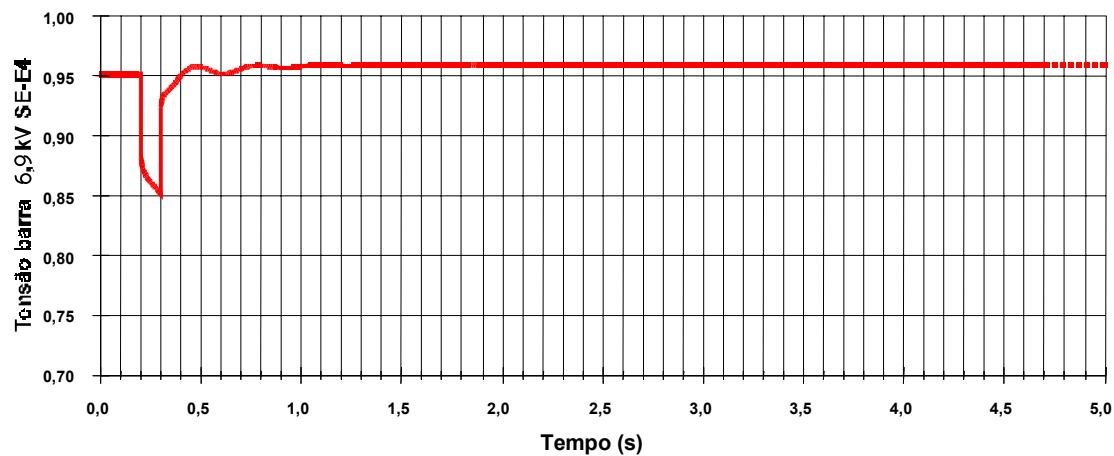
### CASO 1



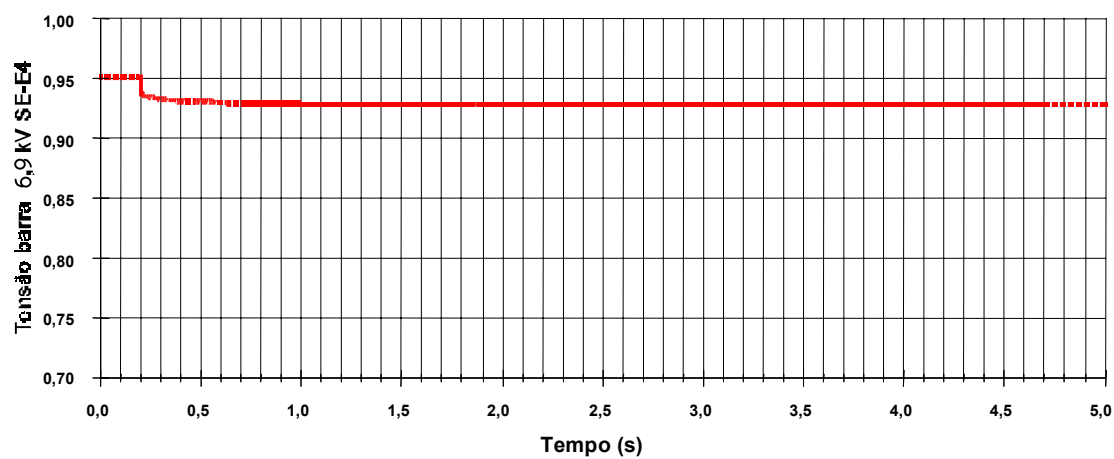


## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

### CASO 2

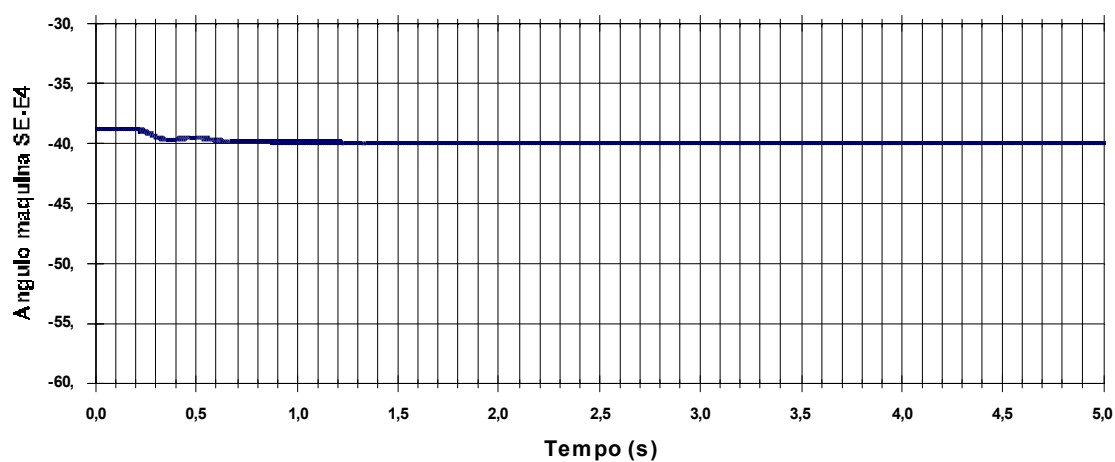


### CASO 3

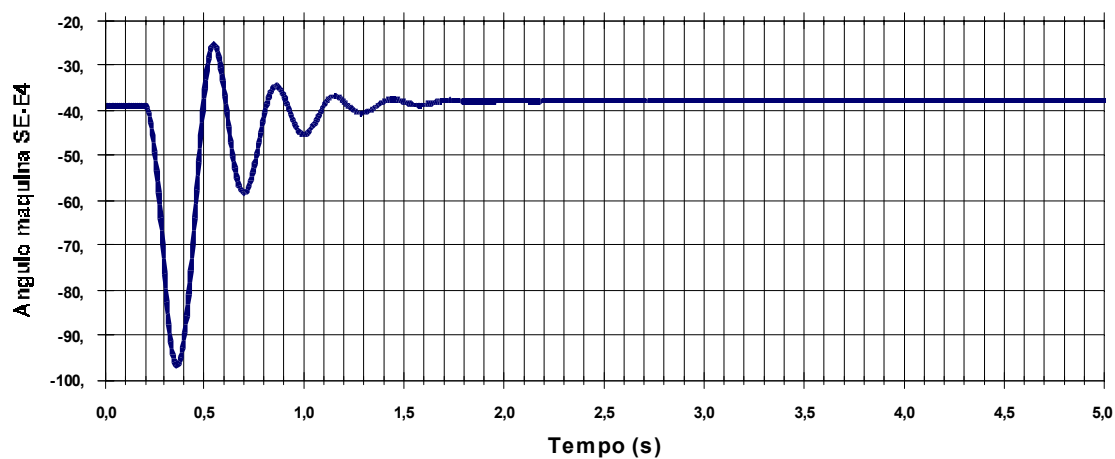
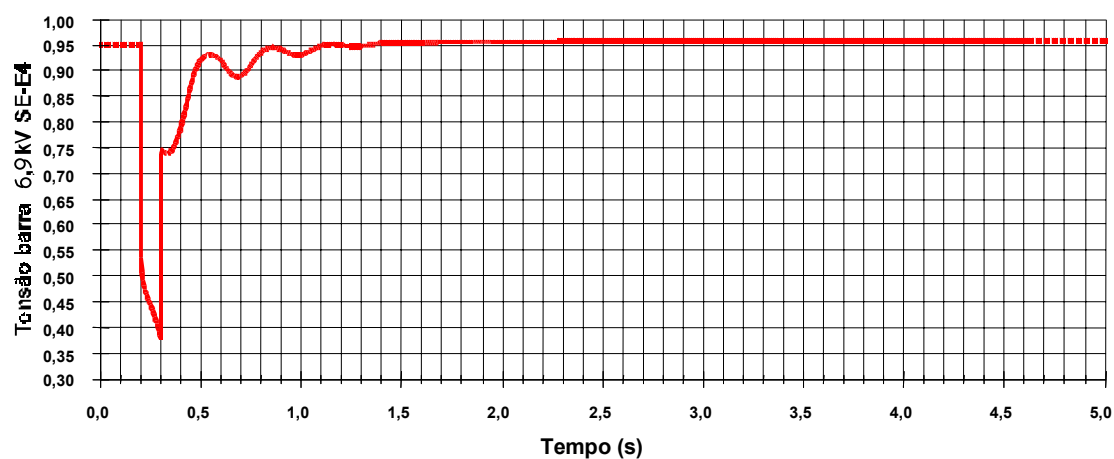




## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico



### CASO 4







## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

---



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



## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

ÍNDICE	PG.
1. INTRODUÇÃO E OBJETIVO .....	1
2. CARACTERÍSTICAS GERAIS .....	1
3. CONDIÇÕES ATMOSFÉRICAS REGIONAIS .....	1
3.1 Temperaturas .....	1
3.2 Pressões de vento (conforme NBR-5422) .....	1
4. TRANSPOSIÇÃO DAS LT .....	1
5. DISTÂNCIAS VERTICAIS DE SEGURANÇA.....	1
6. PLOTAÇÃO DAS ESTRUTURAS .....	2
7. CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS DOS CABOS .....	2
7.1 Características Mecânicas do Condutor Selecionado.....	2
7.2 Cabo Pára-raio.....	2
7.2.1 Características Mecânicas do Pára-raios para 40kA .....	3
7.2.2 Características Mecânicas do Para-Raios para 20kA .....	3
7.2.3 Características Mecânicas do Fio Contrapeso .....	3
8. ISOLADORES E CADEIAS .....	3
9. ESTRUTURAS .....	4
10. CONDIÇÕES DE GOVERNO .....	4
10.1 Condutor.....	4
10.2 Pára- raios.....	4
10.3 Cadeia de isoladores .....	4
11. FAIXA DE SERVIDÃO.....	4
12. NORMAS.....	4
13. RELAÇÃO DOS DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA .....	4
14. APÊNDICES .....	5
14.1 Desenhos de Cadeias .....	5
14.2 Desenhos de Torres.....	5
15. ANEXOS DE DOCUMENTAÇÕES PARA LICENCIAMENTO DA LT .....	5
15.1 Apêndice 1 – Memorial Técnico-Descritivo de Linhas Aéreas de Transmissão .....	5
15.1.1 Finalidade .....	5
15.1.2 Características Elétricas da Linha .....	5
15.1.2.1 Gerais .....	5
15.1.2.2 Capacidade Nominal .....	6
15.1.2.3 Orçamento .....	6
15.1.2.4 Normas .....	6
15.1.3 Considerações Gerais.....	6
15.1.3.1 Justificativa Técnico- Econômica.....	6
15.1.3.2 Justificativa Gerencial de Prazo .....	6



## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

<b>15.2 Apêndice 2 - Características Elétricas da Linha Aérea de Transmissão</b>	<b>6</b>
15.2.1 Capacidade de Transporte de Energia	6
15.2.2 Constantes Elétricas da Linha	6
15.2.3 Dados Elétricos do Isolamento	6
15.2.4 Dados dos Cabos Pára-raios	6
15.2.5 Dados dos Cabos ou Fios Contrapeso	7
15.2.6 Considerações Gerais	7
15.2.6.1 Número de Desligamentos	7
15.2.6.2 Circuito equivalente da linha	7
<b>15.3 Apêndice 3 - Características Mecânicas da Linha Aérea de Transmissão</b>	<b>7</b>
15.3.1 Dados Gerais Mecânicos da Linha	7
15.3.1.1 Geometria de Fases	7
15.3.1.2 Geometria de Vãos	8
15.3.2 Características Mecânicas dos Cabos e Fios	8
15.3.2.1 Contrapeso	8
15.3.2.2 Pára-raio	8
15.3.2.3 Condutor	8
15.3.2.4 Condições de Carga	8
15.3.2.5 Condições de Flecha	8
15.3.3 Características das Estruturas	8
15.3.3.1 Estruturas Metálicas	8
15.3.3.2 Estrutura de Concreto	8
<b>15.4 Apêndice 4 – Termo de Responsabilidade de Travessia</b>	<b>9</b>
<b>Apêndice 5 - Cálculo da Faixa de Servidão</b>	<b>9</b>
15.5.1 Cálculo	9
15.5.2 Valor Adotado	10
<b>Apêndice 6 - Quantitativo de Obras de Transmissão</b>	<b>10</b>
<b>15.7 Apêndice 7 – Cronograma</b>	<b>11</b>
<b>15.8 Apêndice 8 – Planta do Traçado</b>	<b>13</b>
<b>15.9 Apêndice 9 – Esquema das Estruturas</b>	<b>13</b>
<b>15.10 Apêndice 10 – Planta de Localização e Interligação</b>	<b>13</b>



## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

### 1. INTRODUÇÃO E OBJETIVO

Este capítulo tem por objetivo apresentar os critérios de projeto básico da LT 230 kV SE-E0 / SE-E1 e SE-E0 / SE-E2 / SE-E3 / SE-E4 / SE-E5, localizada no estado de Pernambuco (PE).

Consiste na definição das principais características elétricas, mecânicas, térmicas e meio ambiente da Linha de Transmissão (LT) que alimenta as Estações de Bombeamento do Trecho V – Eixo Leste do Projeto de Transposição das Águas do Rio São Francisco para o Nordeste Setentrional.

### 2. CARACTERÍSTICAS GERAIS

A presente linha de transmissão possui as seguintes características gerais:

ELO E0 – E1	3,85km
ELO E0 – E2	6,48km
ELO E2 – E3	16,78km
ELO E3 – E4	50,02km
ELO E4 – E5	60,06km
Tensão nominal	230kV
Tensão máxima de operação	241,5kV
Frequência	60Hz
Número de circuitos	1
Número de fases	3
Número de sub- condutores/fase	1
Espaçamento entre fases	7,70m
Disposição do circuito	horizontal
Número de cabos pára-raios	2

### 3. CONDIÇÕES ATMOSFÉRICAS REGIONAIS

#### 3.1 Temperaturas

Média EDS (para <i>off-set</i> e resistência à fadiga)	25°C
Mínima média (coincidente c/vento máximo)	20°C
Máxima média (coincidente c/demanda máxima)	35°C
Mínima absoluta (arrancamento e distância de segurança para LT acima)	10°C
Máxima absoluta (para distância de segurança sob a LT)	40°C

#### 3.2 Pressões de vento (conforme NBR-5422)

Material	Condutor	Pára- Raios	Cadeia de Isolador
Pressões Máximas (da N/m	60	62	90
Pressões Reduzidas (da N/m <sup>2</sup> )	20	---	35

### 4. TRANSPOSIÇÃO DAS LT

Não será necessária qualquer transposição de fases ao longo da LT, em virtude de ser seccionada a 60 km ou menos, para operação com cargas trifásicas equilibradas, tão menores quanto mais longe da fonte. Entretanto se recomenda verificar com a CHESF a seqüência de fases da sua LT 04F4-C1, que possui diversos estágios de transposição desde Paulo Afonso.

### 5. DISTÂNCIAS VERTICAIS DE SEGURANÇA

Terreno aberto:	8,0m
Represas e açudes (nível máximo d'água)	8,0m



## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

Vias navegáveis	DNPVN(mín20,0m)
Árvores preservadas (acima da altura máxima)	5,0m
Canavial	12,0m
Estradas: Rurais e Municipais	9,5m
Estaduais e Federais (conforme Norma)	DNER(mín.9,5m)
Linhas de transmissão de 230kV	3,0m*
Linhas de distribuição e telecomunicações	3,0m

\* Adotar com o condutor a 10°C inicial sob LT's da CHESF, e a 60°C final sobre demais obstáculos.

### 6. PLOTAÇÃO DAS ESTRUTURAS

Na plotação das estruturas, serão definidos posição, altura e tipo das estruturas que melhor atenderão, técnica e economicamente, às condições do terreno, travessias, cruzamentos e aproximações existentes ao longo do traçado da linha, bem como interferências com as instalações hídricas.

Durante a plotação serão evitados, tanto quanto possível, pontos que possam trazer problemas para áreas de preservação ambiental e para construção, tais como: locais pantanosos, brejos, terrenos rochosos, etc. Ao mesmo tempo, serão sempre consultadas as cartas de aplicação para evitar a utilização indevida de qualquer estrutura.

Quando não for possível evitar as áreas de preservação ambiental, serão utilizadas estruturas de altura máxima disponível, posicionadas em locais que causem o menor impacto ao meio ambiente.

### 7. CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS DOS CABOS

#### 7.1 Características Mecânicas do Condutor Selecionado

Tipo	CAA
Código	Hawk
Bitola	477MCM
Formação	26 fios de alumínio / 7 aço
Seção total	281,03mm <sup>2</sup>
Diâmetro total	21,79mm
Massa	978g/m
Carga de ruptura	86,75kN
Coefficiente de dilatação linear final	18,9x10 <sup>-6</sup> /°C
Galvanização	Classe A

#### 7.2 Cabo Pára-raio

Em função do nível das correntes de curto-circuito previsto para a SE-E0, a 79km da forte barra da SE-III do complexo de geração Paulo Afonso(PAF), composto com realimentação pela SE Bom Nome (85km), os pára-raios devem ser dimensionados para intensidades de 40kA de pico, em 200mseg, até 5 km após a SE-E2. Devido à realimentação do curto pelas máquinas síncronas das EB-V, o mesmo nível deve ser adotado para os cabos guarda até 5km das SE-E3, SE-E4 e SE-E5. As extensões de LT restantes, 7km no terceiro ELO, 40km no penúltimo e 50km no último, são dimensionadas para 20kA.

Destinado à telecomunicação de comando e proteção entre as subestações das estações de bombeamento, um dos cabos pára-raios conterá fibras ópticas, integralmente dimensionado para 40kA. Para este, a "mínsula" direita das torres deverá ser reforçada, devendo o projeto e instalação ser objeto de turnkey específico.

Neste Projeto Básico será considerado, para dimensionamento das torres, um cabo "OPGW" equivalente ao CAA Doterell (cabo selecionado para as áreas de 40kA), devendo também as



## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

ferragens de ancoragem em torres de suspensão serem reforçadas, a cada 4km, para as emendas ópticas do cabo.

Os cabos pára-raios adotados para o lado esquerdo das torres são o CAA Dotterell e o EAR 3/8" adiante descritos.

### 7.2.1 Características Mecânicas do Pára-raios para 40kA

Tipo	CAA
Código	Dotterell
Formação	12 fios de alumínio e 7 fios de aço
Bitola	177MCM
Seção total	141,9mm <sup>2</sup>
Diâmetro total	15,42mm
Massa	656g/m
Carga de ruptura	69,32Kn
Coeficiente de dilatação linear final	15,3x10 <sup>-6</sup> /°C
Galvanização	Classe A

### 7.2.2 Características Mecânicas do Para-Raios para 20kA

Tipo	Aço Galvanizado
Código	EAR
Formação	7 Fios Preformados
Seção total	51,14 mm <sup>2</sup>
Diâmetro total	9,14 mm
Massa	406 g/m
Carga de ruptura	69,9 kN
Coeficiente de dilatação linear	18,9 x 10 <sup>-6</sup> /°C
Galvanização	Classe A

### 7.2.3 Características Mecânicas do Fio Contrapeso

Tipo	Aço recob. de cobre Nº 4 AWG (Copperweld)
Formação	1 fio
Seção total	21,16 mm <sup>2</sup>
Diâmetro total	5,19 mm
Massa	172 g/m
Carga de ruptura	11,45 kN

## 8. ISOLADORES E CADEIAS

Tipo	Composto
Material	Fibro- epóxi, Polímero Si
Engate	Concha e bola IEC 52
Passo	~ 2.500 mm
Carga de ruptura mecânica	120 kN
Distância de escoamento	6.550 mm
Cadeia de suspensão	tipo I com 1 isolador
Cadeia de ancoragem dupla	com 2x1 isolador



## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

### 9. ESTRUTURAS

- A série de estruturas padrão CHESF para LT's desta classe, adotada, consiste dos tipos seguintes.
- V21s: Suspensão em alinhamento (estaiada);
- S21s: Suspensão em alinhamento (autoportante);
- S22s: Suspensão em ângulo (idem);
- A21s: Ancoragem em ângulo médio até 40°;
- AF2s: Ancoragem em ângulo grande até 70° ou fim de linha;
- 3xH-AL: Estrutura especial em concreto de derivação e cruzamento.

### 10. CONDIÇÕES DE GOVERNO

#### 10.1 Condutor

Temperatura	Condição	Vento	Limite % de Ruptura
10 °C	Inicial	Sem	33,0 %
25 °C	Final c/ "Creep"	Sem	20,0 %
20 °C	Inicial	Máximo	33,0 %

#### 10.2 Pára-raios

Temperatura	Condição	Vento	Limite % de Ruptura
10 °C	Inicial	Sem	25,0 %
25 °C	Final c/ "Creep"	Sem	15,0 %
20 °C	Inicial	Máximo	25,0 %

#### 10.3 Cadeia de isoladores

Tração máxima prolongada: 40 % da Resistência Nominal.

Tração máxima de montagem/manutenção: 50 % da Resistência Nominal.

Tração máxima de curta duração: 60 % da Resistência Nominal.

### 11. FAIXA DE SERVIDÃO

A LT ocupará uma faixa de servidão de 50 m, conforme cálculo específico. Ver Item 15.5.

### 12. NORMAS

- NBR 182/5422 - Projeto de linhas Aéreas de Transmissão de Energia Elétrica.- Procedimentos.
- DNER - Normas para ocupação ou travessia das faixas das Estradas de Rodagem Federais ou outras sob jurisdição do Departamento por Linhas de Transmissão ou Redes de Distribuição de Energia Elétrica.

### 13. RELAÇÃO DOS DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

- Projeto da Transposição de Águas do Rio São Francisco – Eixo Leste – Trecho V – LOCALIZAÇÃO Desenho nº EN.B/V.DS.GR.0002;
- Documentos de projeto das torres metálicas, de propriedade da CHESF e liberados por aquela Empresa, compreendendo Listas de Materiais, Listas de Parafusos, Desenhos de Fabricação e Montagem das estruturas V21s, S21s, S22s, A21s, AF2s e H-AL;
- Diagramas com as hipóteses de carregamento das estruturas.





## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

### 14. APÊNDICES

Os desenhos correspondentes ao texto deste Capítulo III encontram-se no Tomo II, e contém os seguintes títulos e numerações.

#### 14.1 Desenhos de Cadeias

Desenho da Cadeia Suspensão I, nº PBLT-2AA=CadSC

Desenho da Cadeia de Ancoragem, nº PBLT-2AB=CadSC

Desenho do Conjunto de Suspensão do Pára-raios, nº PBLT-2AC=CjSPR

Desenho do Conjunto de Ancoragem do Cabo Pára-raios, nº PBLT-2AD=CjAPR

#### 14.2 Desenhos de Torres

Desenho da Torre com Suspensão Estaiada, nº PTSFV-PBLT-2C9A-V21s

Desenho da Torre com Suspensão Autoportante Leve, nº PTSFV-PBLT-2C9B-S21s

Desenho da Torre com Suspensão Autoportante Pesada, nº PTSFV-PBLT-2C9CS22s

Desenho da Torre com Ancoragem Autoportante Média, nº PTSFV-PBLT-2C9D-A21s

Desenho da Torre em Ângulo Grande ou Fim de Linha, nº PTSFV-PBLT-2C9E-AF2s

Desenho da Estrutura Especial 3xH-AL, nº EN.B/V.DS.LT.0003

### 15. ANEXOS DE DOCUMENTAÇÕES PARA LICENCIAMENTO DA LT

Este item fornece os elementos necessários ao licenciamento prévio pela ANEEL para implantação da linha de transmissão que suprirá de energia elétrica as estações de bombeamento do Trecho V – Eixo Leste, do Projeto de Transposição das Águas do Rio São Francisco para o Nordeste Setentrional.

Os documentos que deverão ser encaminhados são por aquele órgão denominados Apêndices do Anexo IV, e são constituídos por formulários- padrão adiante apresentados, complementados pelos desenhos citados nos mesmos e apresentados neste projeto básico dentro do Tomo II.

#### 15.1 Apêndice 1 – Memorial Técnico-Descritivo de Linhas Aéreas de Transmissão

<b>MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL – FUNCATE</b>	Data de início da Obra: <b>02 de janeiro de 2003</b>
<b>PTSF – PROJETO DE TRANSPosição DE ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO - EIXO LESTE/ TRECHO V</b>	
LT 230kV SE-E0/SE-E1 E SE-E0/SE-E2/SE-E3/SE-E4/SE-E5	Data da Conclusão: <b>30 de dezembro de 2003</b>

##### 15.1.1 Finalidade

O presente projeto tem a finalidade de construir a linha de transmissão aérea, que terá origem na futura SE-E0 de propriedade da CHESF com a função de interligar a SE-E1 e desde a SE-E2 até a SE-E5, através das intermediárias SE-E3 e SE-E4, todas localizadas nos Municípios de Floresta (até a SE-E3), Custódia (a SE-E4) e Salgueiro (a SE-E5), do Estado de Pernambuco.

##### 15.1.2 Características Elétricas da Linha

###### 15.1.2.1 Gerais

A linha terá tensão entre fases de 230kV, seção do condutor de 477 MCM, tipo CAA, sendo 1 cabo por fase, 3 fases por circuito e 1 circuito, e terá extensão total de 137km.



## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

### 15.1.2.2 Capacidade Nominal

A linha terá capacidade nominal, a 60°C de temperatura do condutor e 34°C do ambiente, de 122 MVA, com fator de potência a 95%, regulação 1% e perdas 2%.

### 15.1.2.3 Orçamento

O orçamento total da obra se encontra no Capítulo IV deste relatório.

### 15.1.2.4 Normas

As normas e padrões seguidos no projeto foram a NBR-5422 e padrões da CHESF.

## 15.1.3 Considerações Gerais

### 15.1.3.1 Justificativa Técnico- Econômica

Obra necessária para possibilitar a transposição de águas do Rio São Francisco para o Nordeste Setentrional, no Trecho V – Eixo Leste, que serão vertidas ao Riacho Mandantes e Maravilha e ao Rio Moxotó (Bacia do S. Francisco) e ao Rio Ipojuca (Bacia Atlântica) em Pernambuco, bem como ao Riacho Monteiro (Bacia do Umbuzeiro) na Paraíba.

### 15.1.3.2 Justificativa Gerencial de Prazo

Os prazos de energização dos ELOS da LT estão vinculados às montagens e testes eletromecânicos das Subestações e Estações de bombeamento.

## 15.2 Apêndice 2 - Características Elétricas da Linha Aérea de Transmissão

<b>MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL - FUNCATE</b>	Data de início da Obra: <b>02 de janeiro de 2003</b>
<b>PTSF – PROJETO DE TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO - EIXO LESTE/ TRECHO V</b>	
LT 230kV SE-E0/SE-E1 E SE-E0/SE-E2/SE-E3/SE-E4/SE-E5	Data da Conclusão: <b>30 de dezembro de 2003</b>

### 15.2.1 Capacidade de Transporte de Energia

A linha, tem capacidade, a 60°C de temperatura do condutor, a 34°C do ambiente, será de 113 MVA, sendo transmitida uma carga inicial de 82 MVA com fator de potência a 0,95%, regulação 1% e perdas 1%, podendo transmitir na etapa final demanda máxima de 224 MVA com fator de potência de 0,90%, regulação 3% e perdas de 5%.

### 15.2.2 Constantes Elétricas da Linha

A impedância de seqüência positiva será (própria e mútua) 18,67 + j72,86 ohms, fase para neutro por circuito; a impedância de seqüência zero própria 69,03 + j228 ohms, fase para neutro, por circuito; e a reatância capacitiva 2300 ohms por fase.

### 15.2.3 Dados Elétricos do Isolamento

O nível de impulso positivo, a seco, será 1280kV, sendo 1 isolador usado em cadeia de suspensão, e 2 isoladores em cadeia de ancoragem, devendo-se aplicar isoladores do tipo composto protegidos por anéis equipotenciais e de resistência eletro- mecânica de 1.2000 kN.

### 15.2.4 Dados dos Cabos Pára-raios

Será usado 1 cabo tipo OPGW, com 90mm<sup>2</sup> de alumínio (equivalente ao CAA *Dotterel* ) em ângulo médio de proteção de 18° em toda a extensão da LT. No outro lado será usado 1 cabo



## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

CAA *Dotterel* do início até 10km após a SE-E3 e 5km de cada lado da SE-E4; no restante da LT (100km ou 73% do total) o cabo será do tipo EAR 3/8", em igual ângulo médio de blindagem.

### 15.2.5 Dados dos Cabos ou Fios Contrapeso

Serão usados de bitola número 4 AWG, tipo aço recoberto de cobre, condutividade 30%, fio simples, e extensão aproximada por suporte de 160 metros para 20 ohms / torre.

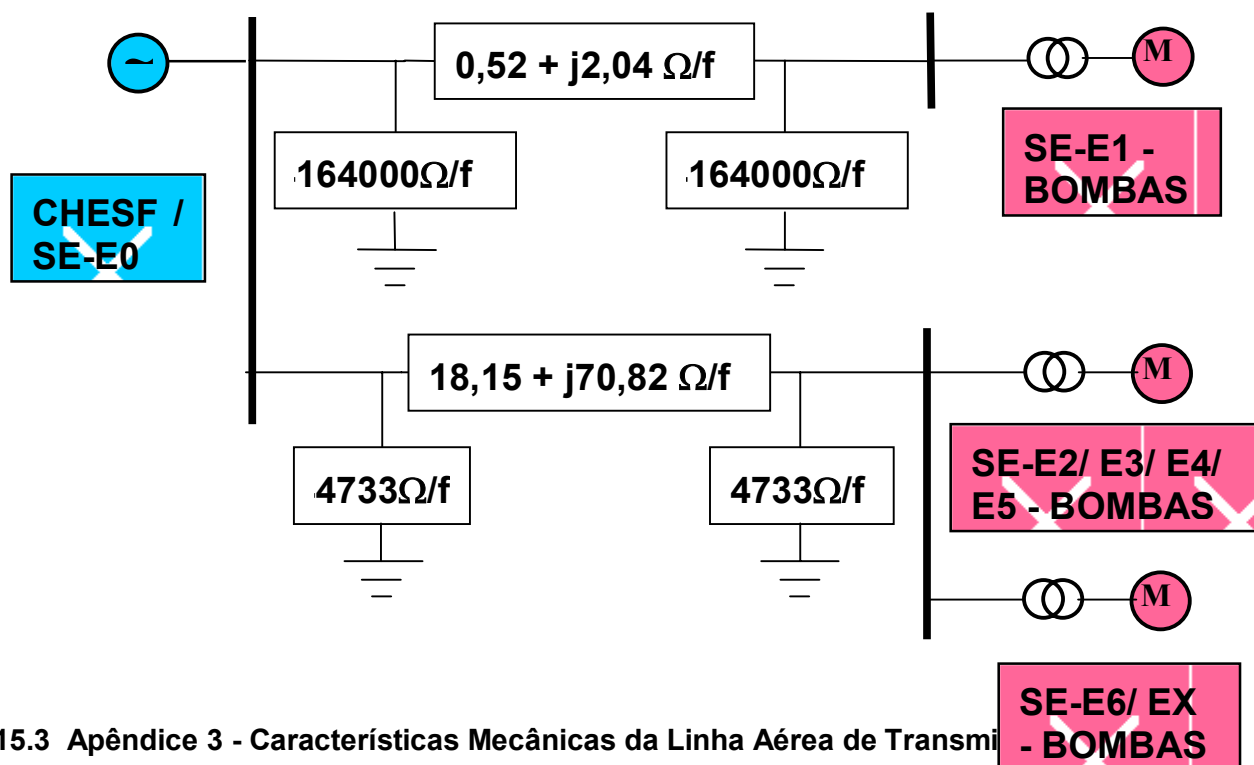
### 15.2.6 Considerações Gerais

#### 15.2.6.1 Número de Desligamentos

O número de desligamentos causados por descargas atmosféricas é calculado em 0,1 desligamento/ 100km/ano para o nível cerâmico médio da região estimado em 10 dias / ano.

#### 15.2.6.2 Circuito equivalente da linha

Abaixo se representa a linha como um todo, com suas impedâncias em  $\Pi$  concentrado:



### 15.3 Apêndice 3 - Características Mecânicas da Linha Aérea de Transmissão

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL - FUNCATE
PTSF – PROJETO DE TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO - EIXO LESTE/ TRECHO V
LT 230kV SE-E0/SE-E1 E SE-E0/SE-E2/SE-E3/SE-E4/SE-E5

Data de início da Obra:  
02 de janeiro de 2003

Data da Conclusão:  
30 de dezembro de 2003

#### 15.3.1 Dados Gerais Mecânicos da Linha

##### 15.3.1.1 Geometria de Fases

A linha deverá ter disposição horizontal e espaçamento entre fases de 7,7 metros e um cabo condutor por fase.



8



## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

### 15.4 Apêndice 4 – Termo de Responsabilidade de Travessia

<b>MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL - FUNCATE</b>	Data de início da Obra: <b>02 de janeiro de 2003</b>
<b>PTSF – PROJETO DE TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO - EIXO LESTE/ TRECHO V</b>	
LT 230kV SE-E0/SE-E1 E SE-E0/SE-E2/SE-E3/SE-E4/SE-E5	Data da Conclusão: <b>30 de dezembro de 2003</b>

TRSF - TRANSPOSIÇÃO DAS ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO- EIXO LESTE/ TRECHO - V, com sede em \_\_\_\_\_, através de seu engenheiro abaixo-assinado e caracterizado, responsável pelo projeto da LT 230 kV SE-E0 / SE-E1 e SE-E0 / SE-E2 / SE-E3 / SE-E4 / SE-E5, declara, em cumprimento às normas vigentes da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, que os projetos detalhados em planta e perfil das travessias indicadas na planta do traçado N° TASF-PBLT-V-01.01 e relacionadas abaixo:

Obstáculo	Km da LT desde a SE-E1	ELO da LT	Progressiva da LT
Rodovia 316	0,426	SE-E0/SE-E1	Km3+427m
Faixa de LTs da CHESF	3,994	SE-E1/SE-E2	Km 0+141m
Rodovia PE-360	43,364	SE-E3/SE-E4	Km 16+250m
Rodovia BR-232	121,203	SE-E4/SE-E5	Km 44+071M

Serão apresentados, de acordo com as normas e padrões exigidos pela ANEEL, junto com a comunicação de conclusão da obra.

Outrossim, a declarante deixa bem claro que a construção física das travessias descritas acima serão de sua única responsabilidade, assim como se compromete a obter as autorizações dos órgãos públicos sob cuja jurisdição está cada travessia, devendo ficar tais autorizações à disposição do ANEEL para futuras e eventuais solicitações

### Apêndice 5 - Cálculo da Faixa de Servidão

<b>MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL - FUNCATE</b>	Data de início da Obra: <b>02 de janeiro de 2003</b>
<b>PTSF – PROJETO DE TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO - EIXO LESTE/ TRECHO V</b>	
LT 230kV SE-E0/SE-E1 E SE-E0/SE-E2/SE-E3/SE-E4/SE-E5	Data da Conclusão: <b>30 de dezembro de 2003</b>

#### 15.5.1 Cálculo

Conforme o item 12 da NBR-5422, que se refere à faixa de segurança, teremos os seguintes valores para largura mínima da mesma:

$$L = 2.(b + d + D) - \text{para uma única LT}$$

Onde:

b - distância horizontal do eixo do suporte ao ponto de fixação do condutor mais afastado deste eixo, em metros;



## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

d - soma da projeção horizontal da flecha do condutor com a da altura do feixe e da cadeia verticais, após deslocamento angular, devido à ação do vento, em metros;

D - Distância de segurança, em metros, igual a  $DU/150$ , no mínimo 0,5m, sendo DU numericamente igual a tensão nominal da LT, em quilovolts;

Substituindo-se os valores típicos dessa LT temos:

$$L = 2.(7,7 + 15,59 + 1,61) = 49,9m$$

### 15.5.2 Valor Adotado

- 50,00 m

### Apêndice 6 - Quantitativo de Obras de Transmissão

<b>MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL - FUNCATE</b>	<b>Data de início da Obra:</b> <b>02 de janeiro de 2003</b>
<b>PTSF – PROJETO DE TRANSPosição DE ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO - EIXO LESTE/ TRECHO V</b>	
LT 230kV SE-E0/SE-E1 E SE-E0/SE-E2/SE-E3/SE-E4/SE-E5	<b>Data da Conclusão:</b> <b>30 de dezembro de 2003</b>

DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE
SERVIÇOS de ENGENHARIA:	km	138
- Projeto Executivo	km	138
- Levantamento Topográfico	km	138
- Locação de Estruturas	km	138
- Sondagem e Resistividade	km	138
- Estudos Ambientais	km	138
- Aprovação de Materiais e Inspeção	km	138
- Acessoria Técnica e Fiscal da Obra	km	138
MATERIAIS		
- Estruturas Metálicas	t	962,59
- Cabo Condutor CAA <i>HAWK</i>	t	436
- Cabo Pára-Raios CAA <i>DOTTEREL</i>	t	26
- Cabo Pára-Raios 3/8" EAR	t	43
- Fio Contra Peso	km	38
- Ferragens em Geral	km	138
- Conjunto de Fixação de Estais	cj	800
- Cabo Estai 1/2" EAR	km	32
- Isolador do Condutor	ud	1161
- Amortecedores dos Condutores	ud	3700
- Amortecedores dos Pára-raios	ud	1500
CONSTRUÇÃO:	km	138
<u>DESAPROPRIAÇÕES:</u> Servidão	hectare	659
Benfeitorias	moradia	22



## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

---

### 15.7 Apêndice 7 – Cronograma

<b>MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL - FUNCATE</b>	Data de início da Obra: <b>02 de janeiro de 2003</b>
<b>PTSF – PROJETO DE TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO - EIXO LESTE/ TRECHO V</b>	
LT 230kV SE-E0/SE-E1 E SE-E0/SE-E2/SE-E3/SE-E4/SE-E5	Data da Conclusão: <b>30 de dezembro de 2003</b>

O Cronograma Básico do Empreendimento encontra-se montado lateralmente na página seguinte, para impressão em formato A3.





## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

### CRONOGRAMA DA LT 230kV SE-E0/SE-E1 E SE-E0/SE-E2/SE-E3/SE-E4/SE-E5

ITEM	DESCRIÇÃO DO ITEM	ANO 2001												ANO 2002												ANO 2003												OBSERVAÇÕES													
		J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																				
1	ENGENHARIA																																																		
1.1	Projeto Básico																																																		
1.2	Projeto Executivo																																																		
1.3	Levantamentos de Campo																																			Vinculado a 1.2															
1.4	Aprovação/ Inspeção Materiais																																			Vinculado a 2															
1.5	Assessoria/ Fiscalização Obra																																			Vinculado a 3															
2	SUPRIMENTO																																																		
3	CONSTRUÇÃO																																			Vinculado a 2															
OBSERVAÇÕES:																																								DURAÇÃO DA OBRA: 12 meses											
a ) As Datas correspondem ao Prazo Mínimo normal e podem ser prorrogadas <b>sem</b> dilação dos prazos, desde que respeitada a vinculação das atividades.																																								DATA DE INÍCIO: 02/01/2003 DATA DE CONCLUSÃO: 30/12/2003											
b) As atividades 1.4, 1.5, 2 e 3 só devem iniciar após o licenciamento da obra.																																																			
c) A atividade 1.3 deve ser avaliada pelo projeto e pode ter complementações.																																																			
d) O Suprimento só deve ser iniciado após aprovação de protótipo e processo.																																																			
																																						ASSINATURA: _____													



## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

### 15.8 Apêndice 8 – Planta do Traçado

<b>MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL - FUNCATE</b>	Data de início da Obra: <b>02 de janeiro de 2003</b>
<b>PTSF – PROJETO DE TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO - EIXO LESTE/ TRECHO V</b>	
LT 230kV SE-E0/SE-E1 E SE-E0/SE-E2/SE-E3/SE-E4/SE-E5	Data da Conclusão: <b>30 de dezembro de 2003</b>

A Planta de Traçado Básico da Diretriz da LT constitui-se no Desenho EN.B/V.DS.LT.0005, que é apresentado no TOMO II.

As cópias de Cartas Geográficas da SUDENE com a Diretriz aposta, que se encontram no mesmo Tomo, auxiliam a visualização do Traçado.

### 15.9 Apêndice 9 – Esquema das Estruturas

<b>MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL - FUNCATE</b>	Data de início da Obra: <b>02 de janeiro de 2003</b>
<b>PTSF – PROJETO DE TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO - EIXO LESTE/ TRECHO V</b>	
LT 230Kv SE-E0/SE-E1 E SE-E0/SE-E2/SE-E3/SE-E4/SE-E5	Data da Conclusão: <b>30 de dezembro de 2003</b>

Em anexo, encontram-se os desenhos PTSFV-PBLT-2C9A-V21s, -2C9B-S21s, -2C9C-S22s, -2C9D-A21s, -2C9E-AF2s e -2C9F-3HAL, respectivamente das torres estaiadas, e autoportantes de suspensão leve e média, de ancoragem média e pesada e da estrutura de concreto, apresentadas no TOMO II.

### 15.10 Apêndice 10 – Planta de Localização e Interligação

<b>MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL - FUNCATE</b>	Data de início da Obra: <b>02 de janeiro de 2003</b>
<b>PTSF – PROJETO DE TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO - EIXO LESTE/ TRECHO V</b>	
LT 230kV SE-E0/SE-E1 E SE-E0/SE-E2/SE-E3/SE-E4/SE-E5	Data da Conclusão: <b>30 de dezembro de 2003</b>

Em anexo, encontra-se o desenho nº EN.B/V.DS.LT.0004 da Planta de Situação e Interligação, apresentado no TOMO II.



## Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

---



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

## **Capítulo IV: Lista de Materiais e Serviços, Orçamento e Cronograma**

---



## Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

---

ÍNDICE	PG
<b>1. OBJETIVO.....</b>	<b>1</b>
<b>2. LISTA DE SERVIÇOS E MATERIAIS.....</b>	<b>1</b>
<b>2.1 Listas de Serviços e Materiais de Obra .....</b>	<b>1</b>
<b>3. LISTAS DE ESTRUTURAS E MATERIAIS .....</b>	<b>5</b>
<b>3.1 Lista de Componentes das Estruturas Autoportantes de Suspensão .....</b>	<b>7</b>
<b>3.2 Lista de Componentes das Estruturas de Ancoragem.....</b>	<b>8</b>
<b>3.3 Lista de Componentes das Estruturas Estaiadas.....</b>	<b>9</b>
<b>3.4 Lista de Materiais Diversos em Função do Tipo de Estrutura .....</b>	<b>10</b>
<b>4. ORÇAMENTO BÁSICO.....</b>	<b>13</b>
<b>5. CRONOGRAMA BÁSICO .....</b>	<b>14</b>



## Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

### 1. OBJETIVO

Este Capítulo tem por objetivo apresentar as Listas de Materiais e de Serviços, Cronograma e Orçamento do Projeto Básico da LT 230 kV SE-E0 / SE-E1 e SE-E0 / SE-E2 / SE-E3 / SE-E4 / SE-E5, que compõem o Projeto de Transposição de Águas do Rio São Francisco no denominado Trecho V do Eixo Leste, derivado da margem pernambucana do reservatório de Itaparica, que compreende, no estágio atual 6 (seis) estações de bombeamento destinadas a transposição de águas para o estado da Paraíba e a bacia do rio Ipojuca no estado de Pernambuco

### 2. LISTA DE SERVIÇOS E MATERIAIS

A Lista de Serviços e Materiais foi elaborada com base nos capítulos anteriores e tomando como referência a Lista de Estruturas do item 3 em consideração às necessidades de construção do referido projeto. As quantidades apresentadas foram estimadas tendo em vista a proposta para construção da LT e contratação do projeto executivo, e poderão ser reajustadas no decurso deste projeto. No entanto a licitação de serviços tomara como referencial de base esta sua itemização e quantificação, caso não haja alteração significativa decorrente do projeto executivo.

#### 2.1 Listas de Serviços e Materiais de Obra

ÍTEM	DESCRIÇÃO	UNIDADE MEDIÇÃO	QUANTIDADE ESTIMADA	PREÇOS (R\$)	
<b>1</b>	<b>CANTEIRO DE OBRAS</b>	UNID	1		
<b>2.</b>	<b>SERVIÇO TOPOGRÁFICO</b>				
2.1	Levantamento Plani-Altimétrico Eventual	km	3		
2.2	Levantamento de Travessia Eventual	km	1		
2.3	Levantamento Cadastral Eventual	km	3		
2.4	Conferência Topográfica	km	137		
2.5	Locação de estrutura				
2.5.1	Estaiada	UNID	200		
2.5.2	Autoportante	UNID	71		
2.6	Locação de Cavas				
2.6.1	Para Estais e Mastros	UNID	1200		
2.6.2	Para Pés de Autoportante	UNID	284		
<b>3</b>	<b>ESTRADA DE ACESSO</b>				
3.1.	Abertura	km	100		
3.2	Recuperação	km	30		
3.3	Construção de Bueiro Simples	UNID	15		
3.4	Construção de Passagem de Pedra	m <sup>3</sup>	200		
3.5	Construção de Colchete	m	600		
3.6	Construção de Porteira	UNID	30		



## Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

ÍTEM	DESCRIÇÃO	UNIDADE MEDIÇÃO	QUANTIDADE ESTIMADA	PREÇOS (R\$)	
<b>4.</b>	<b>CONSTRUÇÃO DE CERCA</b>				
4.1	Cerca com Estaca de Concreto	m	36		
4.2	Cerca com Estaca de Madeira	m	36		
<b>5</b>	<b>DESMATAMENTO E LIMPEZA DE FAIXA</b>				
5.1	Seletivo	km <sup>2</sup>	1		
5.2	Não Seletivo	km <sup>2</sup>	4,5		
5.3	Erradicação da vegetação	km <sup>2</sup>	0,2		
5.4	Retirada de árvores esparsas	UNID	20		
<b>6</b>	<b>REMANEJAMENTO DE LD E LT</b>				
6.1	LD 13,8 kV - Montagem de Estrutura	ton	1		
6.2	LD 13,8 kV - Desmontagem de Estrutura	ton	1		
6.3	LT 69 kV - Montagem de Estrutura	ton	2		
6.4	LT 69 kV - Desmontagem de Estrutura	ton	2		
<b>7</b>	<b>SONDAGEM A PERCUSSÃO Eventual</b>	m	20		
<b>8</b>	<b>ESCAVAÇÃO FUNDAÇÃO EM</b>				
8.1	Em solo - terreno firme - categoria A	m <sup>3</sup>	1250		
8.2	Em solo terreno alagadiço - categoria D	m <sup>3</sup>	215		
8.3	Em rocha manual e/ou mecânica Categoria	m <sup>3</sup>	200		
8.4	Em rocha com explosivo - Categoria C	m <sup>3</sup>	100		
<b>9</b>	<b>ESCAVAÇÃO FUNDAÇÃO EM SAPATA</b>				
9.1	Em solo - terreno firme - categoria A				
9.1.1	Estaiada	m <sup>3</sup>	3000		
9.1.2	Autoportante	m <sup>3</sup>	500		
9.2	Em rocha manual e/ou mecânica - categoria				
9.2.1	Estaiada	m <sup>3</sup>	500		
9.2.2	Autoportante	m <sup>3</sup>	200		
9.3	Em rocha com explosivo - categoria C				
9.3.1	Estaiada		150		
9.3.2	Autoportante		250		
9.4	Escavação em Solo em Terreno Alagadiço				
9.4.1	Estaiada	m <sup>3</sup>	50		
9.4.2	Autoportante	m <sup>3</sup>	50		
<b>10</b>	<b>PERFURAÇÃO</b>				



## Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

ÍTEM	DESCRIÇÃO	UNIDADE MEDIÇÃO	QUANTIDADE ESTIMADA	PREÇOS (R\$)	
10.1	Perfuração em Solo para Estrutura Estaiada	m	240		
10.2	Perfuração em Rocha para Estrutura Estaiada	m	1000		
<b>11</b>	<b>REGENERAÇÃO DE FUNDO DE CAVA</b>				
11.1	Solo local	m <sup>3</sup>	365		
11.2	Solo importado	m <sup>3</sup> x km	120		
11.3	Solo cimento nativo	m <sup>3</sup>	25		
11.4	Solo cimento local	m <sup>3</sup>	75		
11.5	Solo cimento importado	m <sup>3</sup> x km	50		
11.6	Brita e areia	m <sup>3</sup>	25		
11.7	Areia	m <sup>3</sup>	25		
<b>12</b>	<b>APLICAÇÃO DE CONCRETO</b>				
12.1	Magro (fck=90 kg/m <sup>2</sup> )	m <sup>3</sup>	60		
12.2	Armado sem forma in loco (fck=150 kg/m <sup>2</sup> )	m <sup>3</sup>	60		
12.3	Armado com forma in loco (fck=150 kg/m <sup>2</sup> )	m <sup>3</sup>	500		
<b>13</b>	<b>REATERRO</b>				
13.1	Solo nativo	m <sup>3</sup>	3000		
13.2	Solo local	m <sup>3</sup>	300		
13.3	Solo importado	m <sup>3</sup> x km	200		
13.4	Solo cimento –local	m <sup>3</sup>	100		
13.5	Solo cimento –nativo	m <sup>3</sup>	100		
13.6	Solo cimento importado	m <sup>3</sup> x km	50		
13.7	Brita e areia	m <sup>3</sup>	50		
13.8	Areia	m <sup>3</sup>	30		
<b>14</b>	<b>BANQUETA PROTEÇÃO DA FUNDAÇÃO</b>				
14.1	Solo Nativo	m <sup>3</sup>	500		
14.2	Solo local	m <sup>3</sup>	50		
14.3	Solo importado	m <sup>3</sup> x km	40		
14.4	Solo cimento – local	m <sup>3</sup>	25		
14.5	Solo cimento importado	m <sup>3</sup> x km	25		
<b>15</b>	<b>MURO ARRIMO DE PEDRA REJUNTADA</b>	m <sup>3</sup>	25		
<b>16</b>	<b>CONSTRUÇÃO CANALETA DE DRENAGE</b>				
16.1	Com revestimento	m	20		
16.2	Sem revestimento	m	60		





## Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

ÍTEM	DESCRIÇÃO	UNIDADE MEDIÇÃO	QUANTIDADE ESTIMADA	PREÇOS (R\$)	
<b>17</b>	<b>PLANTIO VEGETAÇÃO CONTRA EROSÃO</b>	m <sup>2</sup>	300		
<b>18</b>	<b>MONTAGEM DE ESTRUTURA</b>				
18.1	Estaiada	ton	578		
18.2	Autoportante	ton	385		
18.3	Concreto 3xH-AL	UNID	1		
<b>19</b>	<b>INSTALAÇÃO DE PLACA DE NUMERAÇÃO</b>	UNID	271		
<b>20</b>	<b>PINTURA PARA SINALIZAÇÃO AÉREA</b>	UNID	40		
<b>21</b>	<b>ATERRAMENTO DE ESTRUTURA</b>				
21.1	Instalação de fio contrapeso	m	37940		
21.2	Instalação de haste de aterramento em solo	m	60		
21.3	Aterramento de Cerca	UNID	10		
21.4	Seccionamento de Cerca	UNID	3000		
<b>22</b>	<b>INSTALAÇÃO DE CABOS</b>				
22.1	Cabo pára-raios - método convencional	km de LT	137		
22.2	Cabo Condutor - método convencional	km de LT	137		
<b>23</b>	<b>INSTALAÇÃO ESFERA DE SINALIZAÇÃO</b>	UNID	30		
<b>24</b>	<b>TRANSPORTE DE MATERIAIS (*)</b>				
24.1	Carga ou descarga de material de estrutura	ton			
24.2	Fio contrapeso	ton			
24.3	Cabo condutor	ton			
24.4	Cabo pára-raios	ton			
24.5	Material diverso	ton			
<b>25</b>	<b>MÃO DE OBRA (*)</b>				
25.1	Chefe de Turma	Hora			
25.2	Operário especializado	Hora			
25.3	Operário Braçal	Hora			
<b>26</b>	<b>MÁQUINA, EQUIPAMENTO E VEÍCULO (*)</b>				
26.1	Trator de esteiras, lâmina acionada hidráulica-mente, potência mínima de 75 hp c/ operador	Hora			
26.2	Caminhão Guindauto capacidade 5,0 toneladas c/motorista	Hora			
26.3	Automóvel SEDAN (4x2) potência mínima de 78 HP, com rádio e motorista	mês			
26.4	Jeep (4x4) teto rígido potência mínima 70 HP, com rádio e motorista	mês			



## Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

---

ÍTEM	DESCRIÇÃO	UNIDADE MEDIÇÃO	QUANTIDADE ESTIMADA	PREÇOS (R\$)	
<b>27</b>	<b>FORNECIMENTO DE MATERIAIS</b>				
27.1	Estrutura de concreto tipo 3 x H-AL, conforme desenho PTSFV-PBLT 2C9F	UNID	1		
27.2	Haste de Âncora diam. 22,5mm x 3m carga de ruptura 130 kN para estai, conforme desenho PTSFV-PBLT 9AE	UNID	800		

(\*) a ser definido pela empresa construtora

### 3. LISTAS DE ESTRUTURAS E MATERIAIS

Adiante, encontram-se as Listas de Componentes das Estruturas Autoportantes de Suspensão, Lista de Componentes das Estruturas de Ancoragem, Lista de Componentes das Estruturas Estaiadas e Lista de Materiais Diversos em função das estruturas ou da quilometragem da LT. Este conjunto de listas representa em sua totalidade a composição necessária, no que se diz respeito a materiais a adquirir, para realização da construção. As quantidades apresentadas foram estimadas tendo em vista as propostas para construção da LT e aquisição dos materiais e poderão ser reajustadas no decurso do Projeto Executivo. No entanto as licitações de materiais poderão tomar como referencial de base esta sua itemização e quantificação, caso não haja alteração significativa decorrente do projeto executivo.





## Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

### 3.1 Lista de Componentes das Estruturas Autoportantes de Suspensão

ESTRUTURAS		A21s					AF2s					OBSERVAÇÃO
COMPOSIÇÃO	ALTURA	QUANTIDADE		PESO UNIT. (Kg)	PESO PROJ. (ton)	PESO ADQ. (ton)	QUANTIDADE		PESO UNIT. (Kg)	PESO PROJ. (ton)	PESO ADQ.(ton)	
		PROJ.	ADQ.				PROJ.	ADQ.				
PARTE SUPERIOR		16		3517,50	56,28		14		5008,30	70,12		
EXTENSÃO	0,0	10		426,10	4,26		12		652,20	7,83		
	6,0	3		1702,20	5,11		2		2258,40	4,52		
	12,0	3		2820,60	8,46					0,00		
	18,0				0,00					0,00		
PÉS	1,5	64		53,60	0,00		56		77,40	0,00		
	3,0			93,30	0,00				133,60	0,00		
	4,5			145,00	9,28				203,30	0,00		
	6,0			207,40	0,00				276,00	15,46		
	7,5			293,70	0,00				421,60	0,00		
	9,0			385,50	0,00				505,00	0,00		
FUNDAÇÃO	STUB	64		38,00	2,43		56		72,60	4,07		
TOTAIS					85,82					101,98		
Resp. Técnico			PROJETO			TRSF - TRANSPOSIÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO TRECHO V					RECIFE LM No. FL 01/02 REV	
						LT 230 kV SE-E0 / SE-E1 E SE-E0 / E SE-E0 / SE-E2 / SE-E3 / SE-E4 / SE-E5 LISTA DE MATERIAL						
APROV.	REVISÃO	VISTO	No.	DATA	CREA							



## Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

### 3.2 Lista de Componentes das Estruturas de Ancoragem

ESTRUTURAS		A21s					AF2s					OBSERVAÇÃO
COMPOSIÇÃO	ALTURA	QUANTIDADE		PESO UNIT. (Kg)	PESO PROJ. (ton)	PESO ADQ. (ton)	QUANTIDADE		PESO UNIT. (Kg)	PESO PROJ. (ton)	PESO ADQ.(ton)	
		PROJ.	ADQ.				PROJ.	ADQ.				
PARTE SUPERIOR		16		3517,50	56,28		14		5008,30	70,12		
EXTENSÃO	0,0	10		426,10	4,26		12		652,20	7,83		
	6,0	3		1702,20	5,11		2		2258,40	4,52		
	12,0	3		2820,60	8,46					0,00		
	18,0				0,00					0,00		
PÉS	1,5	64		53,60	0,00		56		77,40	0,00		
	3,0			93,30	0,00				133,60	0,00		
	4,5			145,00	9,28				203,30	0,00		
	6,0			207,40	0,00				276,00	15,46		
	7,5			293,70	0,00				421,60	0,00		
	9,0			385,50	0,00				505,00	0,00		
FUNDAÇÃO	STUB	64		38,00	2,43		56		72,60	4,07		
TOTAIS					85,82					101,98		
Resp. Técnico			PROJETO			TRSF - TRANSPOSIÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO TRECHO V						RECIFE LM No.
						LT 230 kV SE-E0 / SE-E1 E SE-E0 / E SE-E0 / SE-E2 / SE-E3 / SE-E4 / SE-E5 LISTA DE MATERIAL						
APROV.	REVISÃO	VISTO	No.	DATA	CREA							FL 01/02 REV.



## Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

### 3.3 Lista de Componentes das Estruturas Estaiadas

ESTRUTURAS		V21s					3 x H AL					OBSERVAÇÃO
COMPOSIÇÃO	ALTURA	QUANTIDADE		PESO UNIT. (Kg)	PESO PROJ. (ton)	PESO ADQ. (ton)	QUANTIDADE		PESO UNIT. (Kg)	PESO PROJ. (ton)	PESO ADQ.(ton)	
TORRE BÁSICA		200		1353,10	270,62							
EXTENSÃO	4,5	700		133,60	93,52							
	6,0	1000		179,00	179,00							
ELEMENTO DE LIGAÇÃO		1450		23,90	34,66							
POSTE DT 23 / 1200							2		5860	11,720		
POSTE DT 18 / 1200							2		1932	3,860		
POSTE DT 13 / 1200							7		1395	9,765		
VIGA LATERAL							4		500	2,000		
VIGA CENTRAL							4		600	2,400		
VIGA CENTRAL							1		600	0,600		
TOTAIS					577,80					30,345		
Resp. Técnico			PROJETO			TRSF - TRANSPOSIÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO TRECHO V						
						LT 230 kV SE-E0 / SE-E1 E SE-E0 / E SE-E0 / SE-E2 / SE-E3 / SE-E4 / SE-E5 LISTA DE MATERIAL						RECIFE LM No.
APROV.	REVISÃO	VISTO	No.	DATA	CREA	FL 01/02 REV						



## Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

### 3.4 Lista de Materiais Diversos em Função do Tipo de Estrutura

ÍTEM	DESCRIÇÃO	UN	ESTRUTURAS												Quant · Proj.
			S21s = 35		S22s = 5		A21s = 16		AF2s = 14		V21s = 200		3 x H - AL = 1		
			P/EST	TOTAL	P/EST.	TOTAL	P/EST	TOTAL	P/EST.	TOTAL	P/EST	TOTAL	P/EST	TOTAL	
1.	Material Cadeia de Isoladores														
1.1	Isolador Composto a Base de Silicone 170 mm, Engate Concha-Bola, IEC-120-24, 160kN	UN	3	105	3	15	1161	224	14	196	3	600	21	21	1161
1.2	Conjunto de Ferragens da Cadeia de Suspensão em "I" para cabo Condutor CAA 477 MCM	CJ	3	105	3	15	783	32	2	28	3	600	3	3	783
1.3	Conjunto de Ferragens da Cadeia de Ancoragem para Cabo Condutor CAA 477 MCM HAWK	CJ	0		0		201	96	6	84		0	21	21	201
2	Material Cabo Pára-Raios e Aterramentos														
2.1	Conjunto de Ferragens da Cadeia de Suspensão para Cabo EAR 3/8" ou DOTTEREL (*)	CJ	1	35	1	5	240		0		1	200	0		240
2.2	Conjunto de Ferragens da Cadeia de Ancoragem para Cabo EAR 3/8" ou DOTTEREL	CJ	0		0		62	32	2	28	0		2	2	62
2.3	Grampo paralelo em aço galvanizado para conexão de 2 cabos EAR 3/8" ou DOTTEREL com 2 parafusos (*)	UN	1	35	1	5	302	32	2	28	1	200	2	2	302
2.4	Grampo conector em aço galvanizado para fixação do cabo EAR 3/8" ou DOTTEREL a estrutura metálica (*).	UN	1	35	1	5	302	32	2	28	1	200	2	2	302
2.4	Grampo conector bimetálico para fixação de dois fios de aço recoberto de cobre 4 AWG a estrutura metálica de aço galv.	UN	4	140	4	20	682	64	4	56	2	400	2	2	682





## Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

ÍTEM	DESCRIÇÃO	UN	ESTRUTURAS												Quant . Proj.
			S21s = 35		S22s = 5		A21s = 16		AF2s = 14		V21s = 200		3 x H - AL = 1		
			P/EST	TOTAL	P/EST.	TOTAL	P/EST	TOTAL	P/EST.	TOTAL	P/EST	TOTAL	P/EST	TOTAL	
2.6	Haste de aterramento tipo COPPERWELD de 19mm x 3m aço recoberto de cobre	UN	0		1	5	0		1	14	0		1	1	20
2.7	Fio de aço recoberto de cobre 4 AWG 5,189mm COPPERWELD ou similar	m	140	4900	140	700	37940	2240	140	1960	140	28000	140	140	37940
2.8	Luva de emenda sem tensão para fio de aço recoberto de cobre n° 4AWG de diâmetro 5,19mm	UN	2	70	2	10	542	32	2	28	2	400	2	2	542
2.9	Grampo para conexão de um fio n° 4 AWG de aço cobreado a haste de âncora	UN	0		1	5	0		1	14	0		1	1	200
3.	Cabos e Acessórios														
3.1	Cabo condutor tipo CAA 477 MCM HAWK	t					436								436
3.2	Cabo pára-raios em aço galvanizado EAR 3/8"	t					43								43
3.3	Cabo pára-raios CAA DOTTEREL	t													
3.4	Luva de emenda para cabo CAA 477 MCM HAWK	UN					190								190
3.5	Luva de emenda para cabo em aço galvanizado EAR 3/8"	UN					44								44
3.6	Luva de emenda para cabo CAA DOTTEREL	UN					22								22
3.7	Luva de reparo para cabo CAA 477 MCM HAWK	UN					20								20
3.8	Sistema de amortecimento para o cabo condutor CAA 477 MCM HAWK	UN					1								1



## Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

ÍTEM	DESCRIÇÃO	UN	ESTRUTURAS												Quant. Proj.
			S21s = 35		S22s = 5		A21s = 16		AF2s = 14		V21s = 200		3 x H - AL = 1		
			P/EST	TOTAL	P/EST.	TOTAL	P/EST	TOTAL	P/EST.	TOTAL	P/EST	TOTAL	P/EST	TOTAL	
3.9	Sistema de amortecimento, para o cabo pára-raios em aço galvanizado EAR 3/8"	UN					1								1
3.10	Sistema de amortecimento, para o cabo pára-raios CAA DOTTEREL	UN					1								1
3.11	Esfera de sinalização em aço galvanizado EAR 3/8"	UN					15								15
3.12	Esfera de sinalização aérea, diurna para CAA DOTTEREL	UN					15								15
4	Material de Estaiamento														
4.1	Cabo de aço galvanizado, diâmetro ½", com 19 fios e carga de ruptura de 13600daN	m					32000				160				32000
4.2	Conjunto de ferragem para fixação de estais	UN					800				4	800			800
(*) 70 % para cabo EAR 3/8 " e 30% para cabo CAA DOTTEREL						PROJETO				Transposição das Águas do Rio São Francisco para o Nordeste Setentrional					
						CREA		LT 230 kV SE-E0 / SE-E1 E SE-E0 / SE-E2 / SE-E3 / SE-E4 / SE-E5						Recife	
														LM nº.	
Nº	Revisão	Visto	Aprovado		Data			LISTA DE MATERIAL						FL 01/02 Rev.	



## Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

### 4. ORÇAMENTO BÁSICO

O Orçamento Básico abaixo representado reflete as listas de Serviços e Materiais dos itens anteriores aos preços de mercado do ano de 2001. Objetiva subsidiar os processos licitatórios correspondentes. Foi montado a partir do Projeto Básico, devendo ser confirmado ou reajustado durante o projeto executivo. No entanto, as licitações de materiais poderão tomar como referencial de base esta sua itemização e quantificação.

DESCRIÇÃO	UND	QUANT.	PREÇO UNT (R\$)	TOTAL (R\$)
<b>SERVIÇOS DE ENGENHARIA</b>				
Projeto Executivo	km	137	1.000,00	137.000,00
Levantamento Topográfico	km	137	1.000,00	137.000,00
Locação de Estruturas	km	137	300,00	41.100,00
Sondagem e Resistividade	km	137	300,00	41.100,00
Estudos Ambientais	km	137	1.000,00	137.000,00
Aprovação de Materiais, Qualidade e Inspeção	km	137	500,00	68.500,00
Fiscalização e Assessoria Técnica da Obra	km	137	500,00	68.500,00
<b>MATERIAIS</b>				
Estruturas Metálicas	t	963	3.100,00	2.985.300,00
Cabo Condutor HAWK	t	436	5.500,00	2.398.000,00
Cabo Pára-Raios 3/8" EAR	t	43	3.500,00	150.500,00
Cabo Pára-Raios CAA DOTTEREL	t	26	5.500,00	143.000,00
Fio Contra Peso	t	6,7	10.000,00	67.000,00
Ferragens em Geral	km	137	7.000,00	959.000,00
Conjunto de Fixação de Estais	cj	800	200,00	160.000,00
Cabo Estai 1/2" EAR	t	25,6	3.500,00	89.600,00
Isolador do Condutor	ud	1161	600,00	696.600,00
Amortecedores dos Condutores	ud	5000	30,00	150.000,00
Amortecedores dos Pára-raios	ud	1500	20,00	30.000,00
<b>CONSTRUÇÃO</b>	km	137	45.000,00	6.165.000,00
<b>DESAPROPRIAÇÕES</b>				
Servidão	hectare	660	2.400,00	1.584.000,00
Benfeitorias	m2	1630	150,00	244.500,00
<b>TOTAL</b>				16.452.700,00
<b>EVENTUAIS</b>	%	5		822.635,00
<b>TOTAL GERAL (R\$)</b>				<b>17.275.335,00</b>



## 5. CRONOGRAMA BÁSICO

O Cronograma Básico abaixo apresentado reflete os Serviços e Materiais dos itens anteriores aos prazos usuais de realização. Foi montado a partir do Projeto Básico, devendo ser confirmado ou reajustado durante o projeto executivo. No entanto as licitações de serviços e materiais poderão tomar como referencial de base esta sua itemização e quantificação, caso não haja alteração significativa em tempo hábil.

ITEM Nº	DESCRIÇÃO DO ITEM	ANO 2001						ANO 2002												ANO 2003												OBSERVAÇÕES
		J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
1	ENGENHARIA																															
1.1	Projeto Básico																															
1.2	Projeto Executivo																															
1.3	Levantamentos de Campo																															
1.4	Aprovação/ Inspeção Mater.																															
1.5	Assessoria/ Fiscalização Obra																															
2	SUPRIMENTO																															
3	CONSTRUÇÃO																															

### OBSERVAÇÕES:

- a )As Datas correspondem ao Prazo Mínimo normal e podem ser prorrogadas **sem** dilação dos prazos, desde que respeitada a vinculação das atividades.
- b) As atividades 1.4, 1.5, 2 e 3 só devem iniciar após o licenciamento da obra.
- c) A atividade 1.3 deve ser avaliada pelo projeto e pode ter complementações.
- d) O Suprimento só deve ser iniciado após aprovação de protótipo e processo.
- e) A construção só deve ser iniciada após o suprimento mínimo de estruturas.