

SERVIÇOS DE CONSULTORIA

SISTEMA RODOVIÁRIO BA-052

ESTUDOS DE ENGENHARIA E TRÁFEGO

**PRODUTO 2B - ESTUDOS PRELIMINARES
NOVA PONTE SOBRE O RIO SÃO FRANCISCO**



REVISÃO 1 - ABRIL/2016

SERVIÇOS DE CONSULTORIA
ESTUDOS DE ENGENHARIA E TRÁFEGO

SISTEMA RODOVIÁRIO BA-052

PRODUTO 2B
ESTUDOS PRELIMINARES – NOVA PONTE SOBRE O
RIO SÃO FRANCISCO

TOMO I – ESTUDOS HIDROLÓGICOS

REVISÃO 1
ABRIL/2016

Sumário

1. Apresentação.....	6
2. Documentos de Referência	8
3. Considerações Iniciais	9
4. Bacia Hidrográfica de Projeto	10
5. Rio São Francisco, na Região do Projeto	17
6. Obras Hidráulicas Existentes	18
6.1. Navegação	18
6.2. Reservatório de Três Marias	18
6.3. Reservatório de Sobradinho.....	19
7. Fisiografia e Clima na Região de Projeto.....	20
7.1. Clima.....	20
7.2. Regime de Chuvas.....	22
7.2.1. Totais Anuais	22
7.2.2. Totais Mensais.....	22
7.3. Dias de Chuva.....	24
7.4. Normais Climatológicas.....	24
8. Dados Fluviométricos	28
8.1. Estações Utilizadas no Estudo.....	28
8.2. Localização das Estações.....	29
9. CRITÉRIOS DE PROJETO	30
9.1. Exigências de Navegação.....	30
9.2. Período de Retorno.....	30
9.3. Borda Livre.....	30

10.	Estudo de níveis d'água	31
10.1.	<i>Maiores Níveis Registrados</i>	31
10.2.	<i>Permanência dos Níveis</i>	31
10.3.	<i>Estudo de Níveis Máximos</i>	32
11.	Análise de Vazões	34
11.1.	<i>Vazões Calculadas a partir da Série Histórica</i>	34
11.2.	<i>Curva de Descarga</i>	35
11.3.	<i>Vazão de Projeto e Período de Retorno</i>	36
12.	Maiores Cheias Registradas em Barra	38
13.	Metodologia	43
13.1.	<i>Seções Transversais do Rio</i>	43
13.2.	<i>Condições de Montante e Jusante</i>	43
13.2.1.	Reservatório de Três Marias	43
13.2.2.	Reservatório de Sobradinho	44
13.3.	<i>Declividade e Rugosidade</i>	45
14.	Resultados	46
14.1.	<i>Alternativa 1</i>	46
14.2.	<i>Alternativa 2</i>	47
14.3.	<i>Alternativa 3</i>	48
14.4.	<i>Análise dos Resultados</i>	49
15.	Conclusões e Recomendação	50
16.	Bibliografia	51

Índice de Figuras

Figura 1 – Bacia hidrográfica do Rio São Francisco	13
Figura 2 - Rio São Francisco, divisão por trechos.....	14
Figura 3 – Relevo da bacia do São Francisco.....	15
Figura 4 – Isoietas anuais.....	16
Figura 5 - Participação da bacia no semiárido	21
Figura 6 - Cheia de 1992, vista da região da ponte - imagem Landsat	41
Figura 7 - Cheia de 1992, vista mostrando a inundação das margens - imagem Landsat....	42
Figura 8 - Seção transversal da Alternativa 1 – T100 anos.....	53
Figura 9 - Seção transversal da Alternativa 2 – T100 anos.....	53
Figura 10 - Seção transversal da Alternativa 3 – T100 anos.....	54
Figura 11 - Linha d' água do trecho de projeto – T100 anos	54

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Bacia hidrográfica do Rio São Francisco.....	10
Tabela 2 – Características gerais da estação Barra.....	28
Tabela 3 – Características gerais da estação Morpará.	28
Tabela 4 – Características gerais da estação Boqueirão.	29
Tabela 5 - Maiores níveis - posto de Barra.	31
Tabela 6 - Níveis máximos e período de retorno.....	33
Tabela 7 – Três maiores vazões de pico e N.A. em Barra	34
Tabela 8 - Vazões de dimensionamento	37
Tabela 9 – Nove maiores cheias em Barra	38
Tabela 10 - Número de dias acima da cota.....	40
Tabela 11 - Velocidade de elevação dos níveis – cheia de 1979	40
Tabela 12 - Alternativa 1 - T100 anos	46
Tabela 13 - Alternativa 1 - T10 anos	47
Tabela 14 - Alternativa 2 - T100 anos	47
Tabela 15 - Alternativa 2 - T10 anos	48
Tabela 16 - Alternativa 3 - T100 anos	48
Tabela 17 - Alternativa 3 - T 10 anos	48
Tabela 18 - Comparação de resultados dos níveis d'água.....	49

1. Apresentação

O presente documento tem por objetivo apresentar o Produto 2B – Estudos Preliminares – Nova Ponte sobre o Rio São Francisco, TOMO I – Estudos Hidrológicos, contendo os resultados dos estudos hidrológicos e hidráulicos do rio São Francisco para o projeto de nova ponte entre os municípios de Xique-Xique e Barra, no oeste do estado da Bahia, que visa garantir melhores condições de escoamento dos fluxos de veículos atuais e futuros neste eixo. Os estudos foram elaborados para as três alternativas de travessia propostas, conforme descritas no Produto 2B – Estudos Preliminares – Nova Ponte sobre o Rio São Francisco, com distância máxima entre elas de 1.800 metros.

A *International Finance Corporation* (IFC), entidade vinculada ao Banco Mundial, focada no desenvolvimento do setor privado, conjuntamente com o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES, uniu esforços com o Estado da Bahia para a estruturação, elaboração de licitação e contratação de uma Concessão/PPP com vistas à operação, recuperação e manutenção do Sistema Rodoviário BA-052, composto por trechos rodoviários que promovem a ligação de Feira de Santana, importante polo urbano, econômico, financeiro, político e cultural da Bahia, com o interior noroeste do estado.

Para os estudos nas áreas de engenharia e tráfego, a IFC contratou a empresa Vetec Engenharia Ltda., conforme Contrato n.º 8005359. Os trabalhos têm por objetivo principal melhorar as condições das rodovias que integram o sistema, visando maior conforto e segurança aos usuários e redução dos custos de transporte, através da minimização dos tempos de viagem e dos custos operacionais associados (combustível, manutenção dos veículos), bem como da redução do número de acidentes, decorrentes da melhoria das características físicas das rodovias de projeto, contribuindo assim para a dinamização econômica e desenvolvimento regional.

O Sistema Rodoviário BA-052 é composto por quatro segmentos de rodovias estaduais (BA-052, BA-148, BA-160 e BA-432), totalizando aproximadamente 688

km de extensão, onde serão desenvolvidos estudos e pesquisas com o propósito de caracterizar a situação física, funcional e operacional do sistema.

Serão abordados, neste relatório, os seguintes tópicos:

- Caracterização da bacia hidrográfica do projeto;
- Obras hidráulicas existentes;
- Critérios de projeto;
- Estudo de níveis d'água;
- Análise das vazões;
- Modelo hidráulico;
- Desempenho hidráulico das alternativas.

2. Documentos de Referência

O presente documento foi elaborado a partir de orientações e dados obtidos nas seguintes fontes:

- Produto 1B – Engenharia, Tráfego e Ponte, onde se apresentam os eixos alternativos de travessia da nova ponte.
- Produto 2A – Tomo II – Batimetria no Rio São Francisco, que contém o levantamento batimétrico monofeixe realizado no rio São Francisco no início de novembro de 2015.
- Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem, publicação nº IPR-715, 2ª ed. RJ 2005, DNIT, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, Ministério dos Transportes.
- Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários Escopos Básicos/Instruções de Serviço; DNIT, publicação nº IPR-726, 3ª ed. RJ. 2006, DNIT, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, Ministério dos Transportes.
- Hydraulic Design of Safe Bridges, publicação nº. FHWA-HIF-12-018, abril 2012, FHWA, U.S. Department of Transportation.
- River Engineering for Highway Encroachments, publicação nº FHWA NHI 01-004, dezembro de 2001, FHWA, U.S. Department of Transportation.
- Dados climatológicos obtidos no banco de dados do portal do INMET, Instituto Nacional de Meteorologia.
- Dados hidrometeorológicos obtidos no portal do Sistema de Informações Hidrológicas da ANA, Agência Nacional de Águas.

3. Considerações Iniciais

A bacia hidrográfica do rio São Francisco possui 640.000 km², e ocupa 8 % do território nacional. Os principais centros urbanos nela localizados são a Região Metropolitana de Belo Horizonte e parte do Distrito Federal. A população da bacia está estimada em 15 milhões de habitantes, a maioria concentrada na sua parte alta.

O rio São Francisco, terceiro maior rio do Brasil, nasce em área montanhosa na Serra da Canastra, no sul de Minas Gerais, em altitude de 1280 m. Entre as nascentes e a foz no oceano Atlântico, na divisa entre os estados de Alagoas e Sergipe, percorre a extensão de 2.700 quilômetros.

Na região das nascentes cruza áreas de altos índices pluviométricos e também de grandes aquíferos. No estado da Bahia atravessa região do semiárido onde é praticamente a única opção hídrica no espaço regional.

Com base nas vazões médias dos rios da bacia estima-se que 80 % das águas do rio São Francisco são provenientes dos grandes tributários de Minas Gerais, como o rio das Velhas, rio Paracatu e rio Urucaia.

Para regularizar as descargas do rio São Francisco, foram construídos ao longo do seu curso grandes reservatórios como o de Três Marias, Sobradinho, Moxotó e Itaparica.

A capacidade instalada de geração hidroelétrica na bacia do rio é de 10.473 MW.

4. Bacia Hidrográfica de Projeto

A bacia hidrográfica de interesse ao presente trabalho é do rio São Francisco, na seção da ponte em estudo entre Xique-Xique e Barra. O divisor hidrográfico da bacia foi obtido a partir dos dados disponíveis no site da ANA e pode ser visualizado na Figura 1.

Tabela 1 - Bacia hidrográfica do Rio São Francisco.

Curso d'água	Seção	Área da bacia – km ²
Rio São Francisco	BA-160, em Barra	424.220,0

O rio São Francisco e, por conseguinte sua bacia hidrográfica, são divididos em 4 trechos: Alto, Médio, Sub-médio e Baixo rio São Francisco. A divisão está ilustrada na Figura 2.

A bacia de projeto engloba o trecho Alto e parte do Médio e as principais características de cada trecho são descritas a seguir.

i. Trecho Alto

No trecho Alto, a bacia do São Francisco ocupa terras do estado de Minas Gerais onde, com exceção do fundo de vale, a topografia é acidentada formada por terrenos ondulados e serras. As altitudes de modo geral variam entre 600 e 1.600 m.

Os principais afluentes da margem direita são os rios Pará, Paraopeba, e o rio das Velhas; na margem esquerda, sobressaem os rios Indaiá e Abaeté. O reservatório de Três Marias implantado no trecho é formado pelo rio São Francisco e também pelos afluentes acima citados rios Indaiá e Paraopeba.

O divisor da vertente direita desenvolve-se sobre a serra do Espinhaço, em elevações que variam de 1.000 m a 1.300 m. O divisor da margem esquerda, além da serra da Canastra, tem o traçado sobre uma série de serras como a do Maxixe, dos Óculos e das Araras onde na face oposta está a bacia do rio Paranaíba. As elevações são da ordem de 900 m acima do nível médio do mar.

A região possui altos índices pluviométricos com totais anuais entre 1.100 mm a 1.600 mm. A estação de chuvas está compreendida entre os meses de outubro a abril. As isoietas com os totais anuais podem ser visualizadas na Figura 4.

O clima local é tropical úmido e subtropical, com temperatura média anual de 22°C e evaporação de 1.000 mm anuais. A vegetação é formada por florestas, cerrados e vegetação rupestre.

Os principais municípios do trecho são Divinópolis, Sete Lagoas e Pirapora (altitude da ordem de 450 m), além dos pertencentes à Região Metropolitana de Belo Horizonte.

ii. Trecho Médio

O trecho médio do rio São Francisco tem na margem esquerda os seguintes principais afluentes: rios Paracatu, Urucuia, Carinhanha, Corrente e Grande; pela margem direita, são contribuintes os rios Jequitaí, Verde Grande, Santo Onofre e Paramirim.

A bacia nesse trecho ocupa parte dos estados de Minas Gerais e Bahia. O divisor hidrográfico do projeto na margem direita percorre parte da Chapada Diamantina e a serra da Mangabeira, com elevações que variam entre 1.000 e 1.500 m.

Na vertente esquerda o divisor desenvolve-se pelos topos da Serra Geral de Goiás dividindo a bacia de projeto da do rio Tocantins. As elevações variam entre 800 e 1.000 m.

O fundo de vale é constituído pela Depressão São Franciscana, região de planície formada por depósitos de natureza eluvio-coluvio-aluvial, por onde corre o rio São Francisco.

No trecho médio, o clima muda para o tipo tropical semiárido, com temperatura média anual de 24°C e evaporação de 1.500 mm/ano. A estação de chuvas vai de novembro a abril, com precipitação média anual bem mais baixa que a do trecho Alto, entre 600 mm a 1.400 mm.

A vegetação é do tipo cerrado e caatinga, com exceção de algumas pequenas matas serranas.

A margem esquerda do São Francisco é bem mais úmida, com rios permanentes e vegetação perenifólia. Na margem direita com menores índices de precipitação os rios são intermitentes e a vegetação é típica de caatinga.

As principais cidades são: Montes Claros, Januária, Paracatu e Unaí, em Minas Gerais; Formosa, em Goiás; parte do Distrito Federal; Barreiras, Guanambi, Irecê, Bom Jesus da Lapa, Barra (altitude da ordem de 410 m) e Xique-Xique, na Bahia.

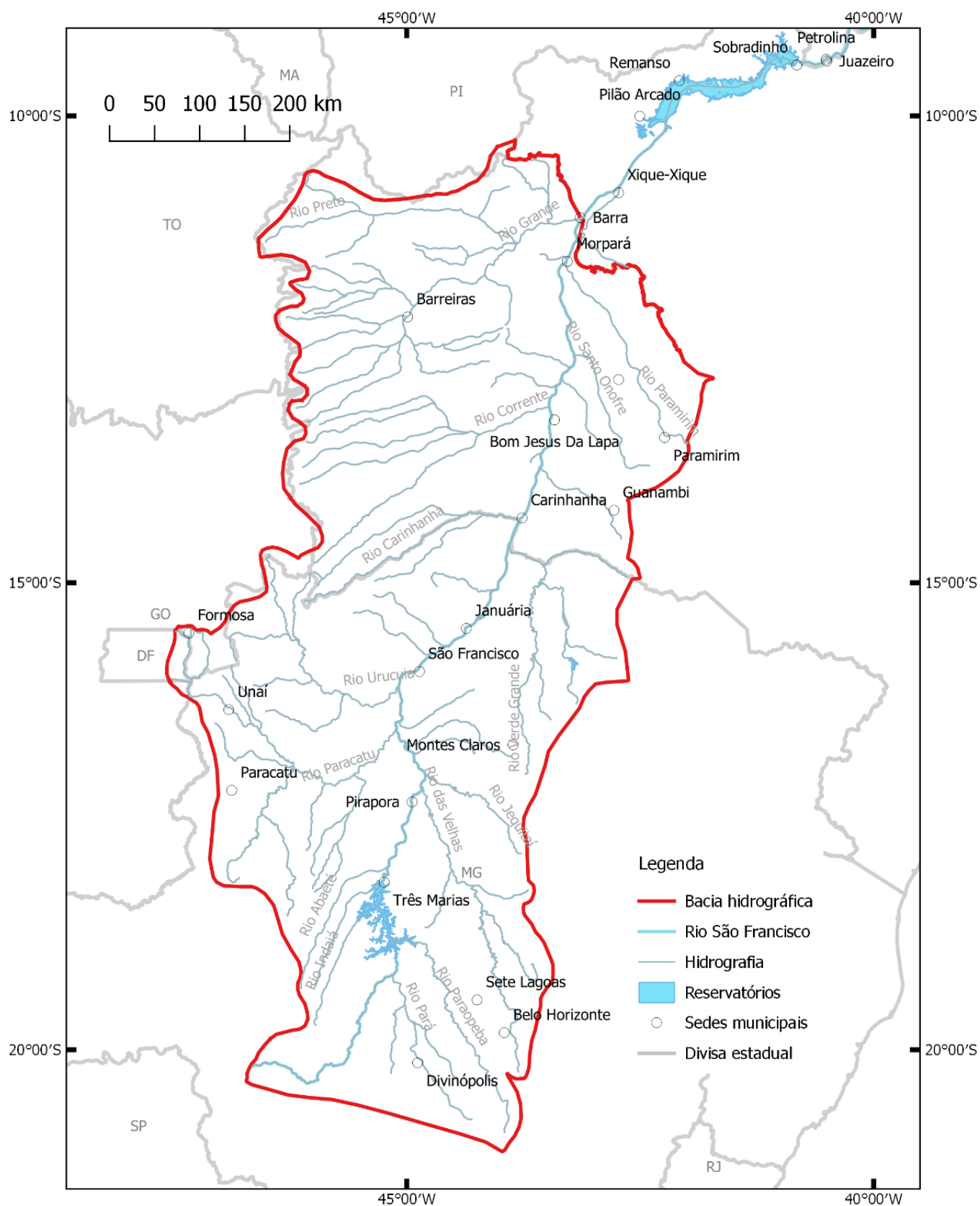


Figura 1 – Bacia hidrográfica do Rio São Francisco

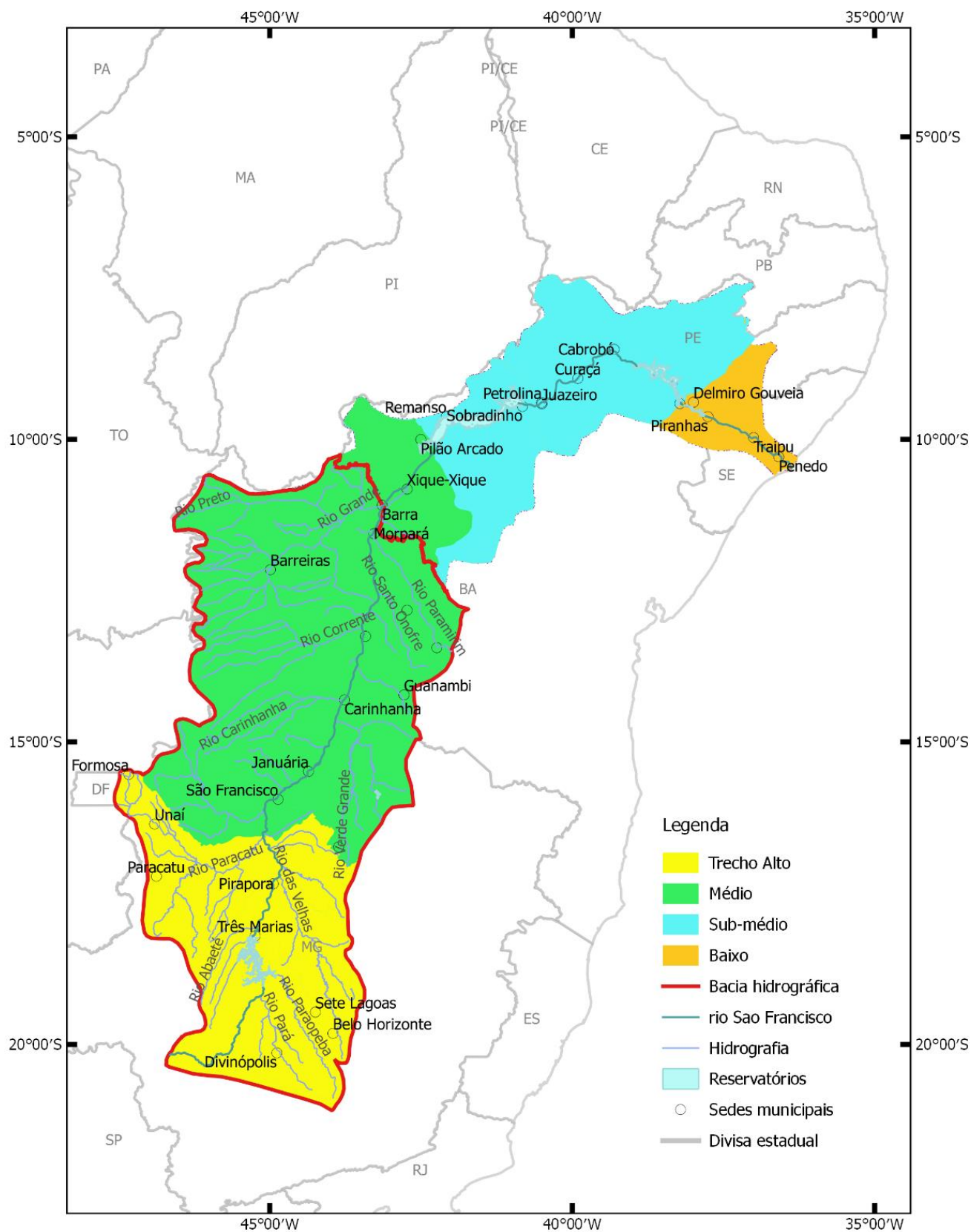


Figura 2 - Rio São Francisco, divisão por trechos

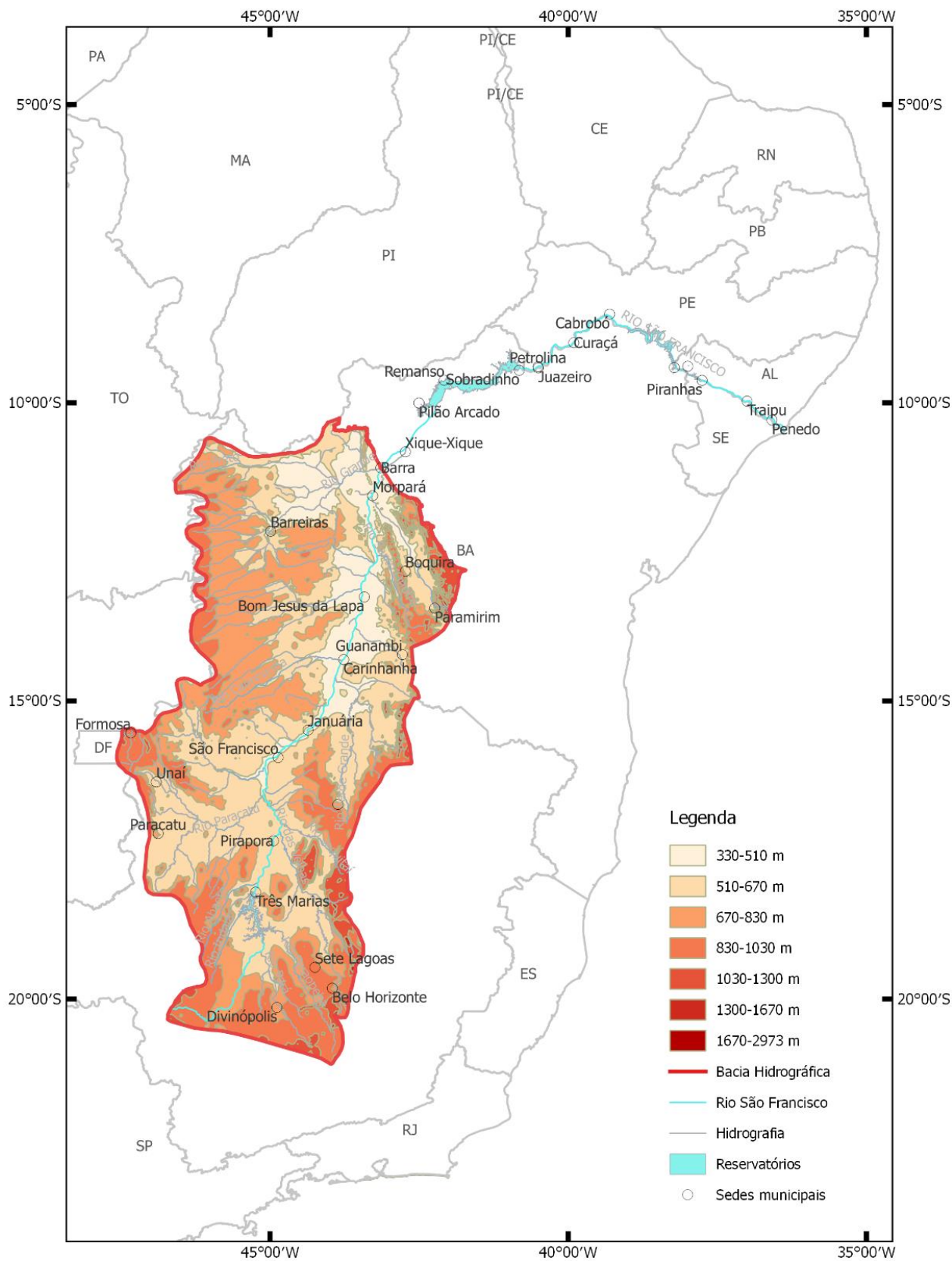


Figura 3 – Relevo da bacia do São Francisco



5. Rio São Francisco, na Região do Projeto

O rio São Francisco na região do estudo tem largura variando entre 300 e 800 m, traçado levemente sinuoso, com curvas acentuadas e ilhas formadas por bancos de sedimentos. As margens são conformadas por barrancas altas, geralmente de material arenoso; o fundo também é arenoso, com formação de grandes bancos de areia que resultam em baixas profundidades para a navegação na estação seca.

A margem direita é um largo terraço aluvial, inundável, com cerca de 12 km de largura e com vegetação de caatinga. Nessa área, há segmentos de leitos abandonados e uma série de cursos d'água, a maioria intermitentes, que meandram pelos terrenos de baixa declividade. Cerca de 50 km a jusante da ponte em estudo, o leito maior começa a se reduzir em largura, até alcançar 3.800 m.

A margem direita é cortada pela rodovia BA-052, onde a pista de rolamento está implantada praticamente ao nível do terreno e com pontes de baixa altura utilizadas na transposição de talvegues. A margem esquerda, onde está o município de Barra, é pouco mais elevada razão pela qual as inundações nessa margem são mais estreitas e localizadas.

Na entrada da sede do município, após receber o rio Grande, o rio torna-se mais estreito, com a calha principal reduzindo-se a 300 m de largura por uma extensão da ordem de 400 m. Em função da menor largura, o leito se aprofunda no trecho.

Gradualmente, 1500 metros a jusante, o rio alcança largura de 780 m, quando o canal é dividido na passagem da ilha Jurema. O trecho médio é caracterizado por possuir baixas declividades do leito, da ordem de 8 cm/km.

O rio São Francisco tem fundo móvel, característica de rios com leitos de areia, que são facilmente erodidos e onde o material do fundo é continuamente movimentado e moldado pelo fluxo, principalmente nas grandes cheias. A interação do fluxo, mistura de água-sedimento, com o material do leito cria diferentes configurações de fundo que alteram a resistência ao escoamento.

6. Obras Hidráulicas Existentes

6.1. Navegação

O local da nova travessia pertence ao principal trecho navegável do rio São Francisco que possui 1.312 km, compreendidos entre Pirapora (MG) e Juazeiro (BA).

Há um segundo trecho navegável de 208 km, entre Piranhas (AL) e a foz no oceano Atlântico; e mais 150 km entre Juazeiro e Santa Maria da Boa Vista (PE), com condições não muito favoráveis, totalizando 1.670 km navegáveis.

São também considerados navegáveis outros 700 km nos afluentes, sendo: rio Paracatu, 104 km; rio Corrente, 155 km; rio Grande, 351 km; e, rio das Velhas, 90 km.

6.2. Reservatório de Três Marias

A barragem está localizada 900 km a montante da seção da nova ponte. O reservatório de Três Marias, de uso múltiplo, é operado pela CEMIG e possui usina hidroelétrica com potência instalada de 396 MW, inaugurada em julho de 1962.

As principais características do reservatório de interesse ao estudo são as seguintes:

- Área de drenagem na barragem: 50.600 km²;
- Cota do coroamento da barragem: 576,23 m;
- Nível mínimo operativo: 549,2 m;
- Nível máximo operativo: 572,5 m;
- Área inundada: 1.090 km²;
- Volume total máximo: 19.528 hm³;
- Volume útil máximo: 15.278 hm³;

- Capacidade máxima do vertedor: $8.700 \text{ m}^3/\text{s}$;
- Número de comportas de setor do vertedor: 7;
- Nº de unidades geradoras: 6;
- Tipo de turbina: Kaplan;
- Engolimento da turbina: $150 \text{ m}^3/\text{s}$.

6.3. Reservatório de Sobradinho

O reservatório de Sobradinho, de propriedade da CHESF, entrou em operação em novembro de 1979. A potência instalada atual da usina hidroelétrica é de 1.050 MW. A barragem está localizada no município de Sobradinho Bahia, 360 km a jusante das seções da ponte em estudo e a 748 km da foz, no oceano Atlântico.

As principais características do reservatório são os seguintes:

- Área de drenagem: 498.968 km^2 ;
- Nível máximo maximorum: 393,50 m;
- Nível máximo operativo normal: 392,50 m;
- Nível mínimo operativo normal: 380,50 m;
- Volume total do reservatório: 34.446 hm^3 ;
- Volume útil do reservatório: 28.669 hm^3 ;
- Área do reservatório na cota 392,50 m: 4.214 km^2 ;
- Vazão regularizada: $2.060 \text{ m}^3/\text{s}$.

7. Fisiografia e Clima na Região de Projeto

A região de implantação do projeto abrange área dos municípios de Barra na margem esquerda do rio São Francisco e Xique-Xique na margem direita.

Em termos hidrográficos a região é caracterizada pela presença de dois rios importantes: o rio Grande e o rio São Francisco. O rio Grande tem área de drenagem de 78.491 km², sendo quanto às dimensões da bacia o maior afluente do rio São Francisco.

Na margem direita o relevo da região é plano a suavemente ondulado em longas extensões com altitudes dentre 390 m e 400 m. Na margem esquerda, também com grandes áreas planas, o relevo passa a acidentado na região da serra do Estreito que corta o município de Barra e que possui mais de 100 km de extensão e picos de altitude que ultrapassam 800 m.

Há também nesse município grandes áreas conhecidas como brejos, caracterizadas pela presença de cursos d'água perenes e lagoas onde se estabelecem pequenas populações.

7.1. Clima

O clima é do tipo tropical semiárido, principalmente pela escassez e irregularidade das chuvas. Essa classificação considera chuvas inferiores a 800 mm/ano e temperaturas médias em torno de 27° C, com amplitude térmica por volta de 5° C.

A região está inserida no polígono das secas – ver Figura 5, criado em 13 de setembro de 1946, e cuja nova delimitação com a denominação semiárido brasileiro, entrou em vigor a partir de 10 março de 2005.

Segundo dados da Embrapa os solos na região da sede do município de Barra, na área do projeto, são do tipo aluviais em faixa ao longo do São Francisco, seguidos de areias quartzosas na parte interna.

No lado de Xique-Xique predominam os solos aluviais na margem do rio e ilhas entre canais, e após estes, existem cambissolos, solos podzólicos vermelho-amarelo e solos halomórficos que são salinos.

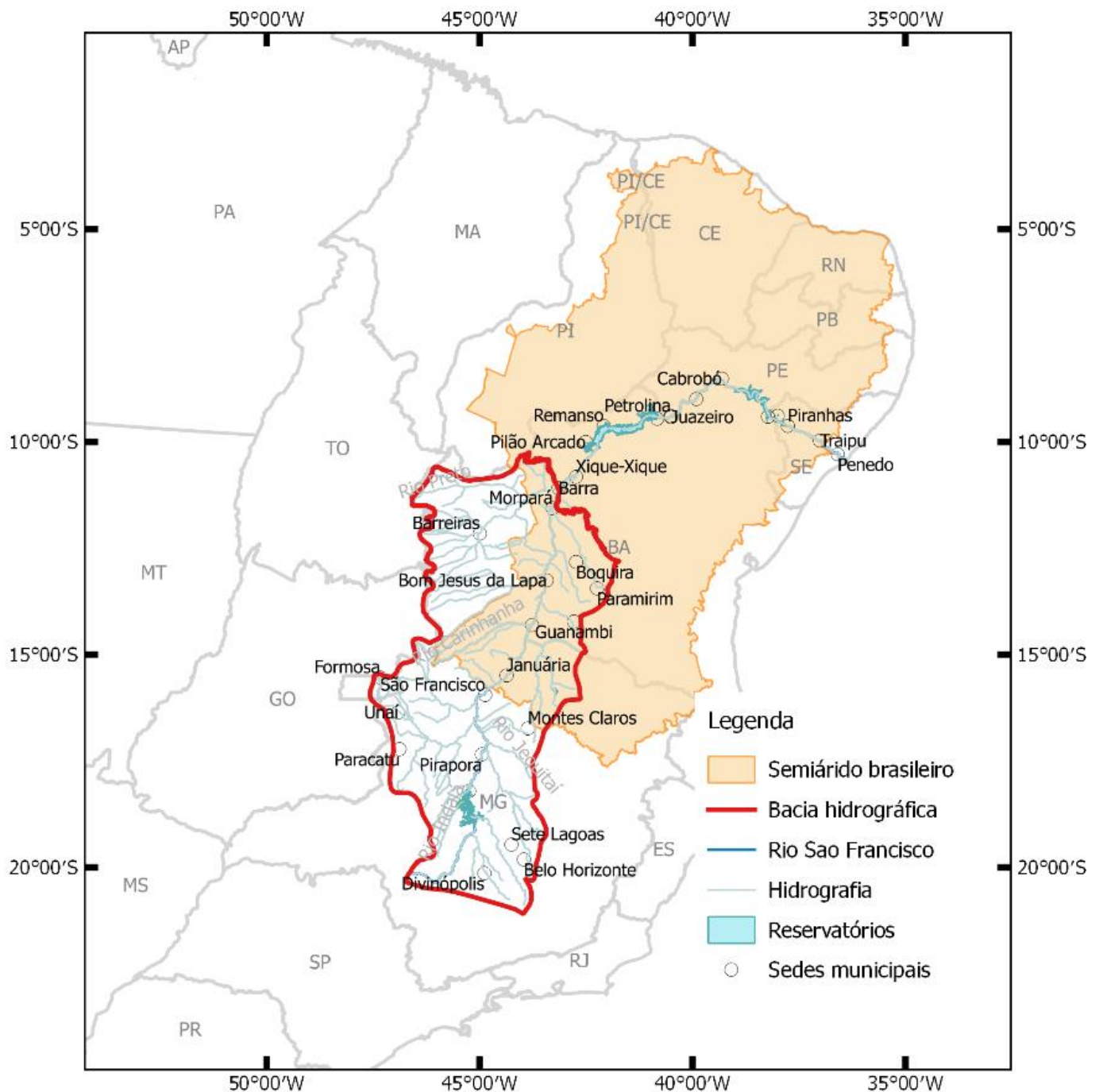


Figura 5 - Participação da bacia no semiárido

7.2. Regime de Chuvas

Para a caracterização do regime de chuvas da região foram selecionados dados dos seguintes postos pluviométricos.

- Posto 1143005, Barra, município de Barra: altitude 401,58 m, latitude -11° 05' 05", longitude -43° 08' 19", operado pelo INMET (nº 83179), dados disponíveis entre 01/1977 a 04/2015;
- Posto 1143012, Fazenda Várzea Formosa, município de Barra: altitude 470,0 m, latitude -11° 06' 35", longitude -43° 17' 41", operado pelo SUDENE, dados disponíveis entre 10/1984 a 07/2000.

7.2.1. Totais Anuais

Os totais anuais observados nos dois postos são os seguintes:

a) Posto de Barra, INMET

- Total anual médio: 676 mm
- Total anual máximo: 978 mm (1978)
- Total anual mínimo: 257 mm (1993)

b) Posto Fazenda Várzea Formosa, SUDENE

- Total anual médio: 787 mm
- Total anual máximo: 1.293 mm (1974)
- Total anual mínimo: 233 mm (1982)

A média dos dois postos resulta o total anual para Barra de 732 mm.

7.2.2. Totais Mensais

Os dados do posto mostram que em Barra há duas estações bem definidas, uma chuvosa e outra seca.

A variação sazonal tem o período de chuvas entre novembro a abril. A estação seca ocorre entre maio e outubro com totais mensais inferiores a 60 mm. Os meses mais secos é o trimestre junho a agosto.

Os totais mensais dos dois postos estão ilustrados nos *Gráficos 1 e 2*.

Gráfico 1 - Totais Mensais - Posto de Barra

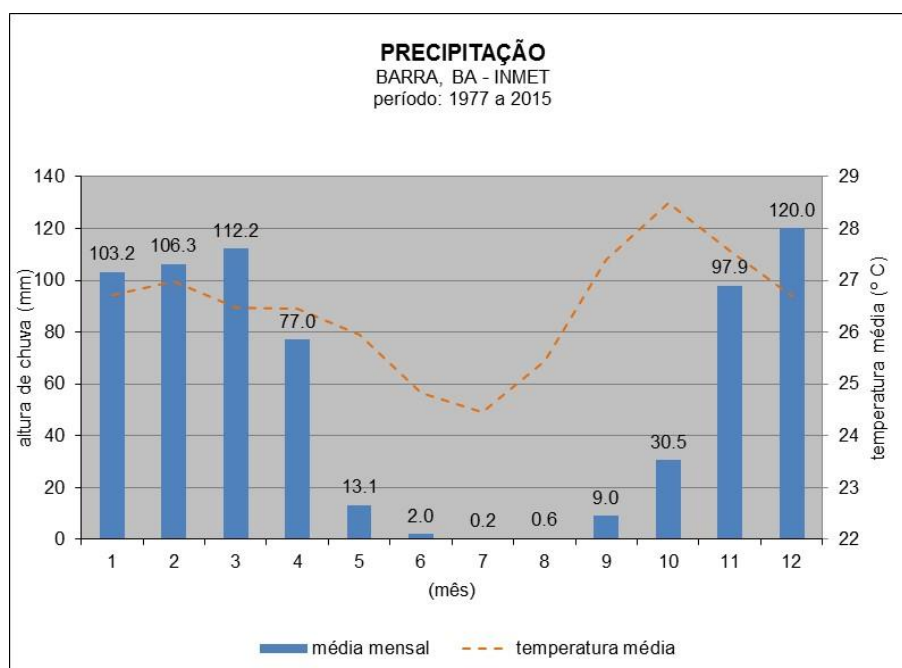
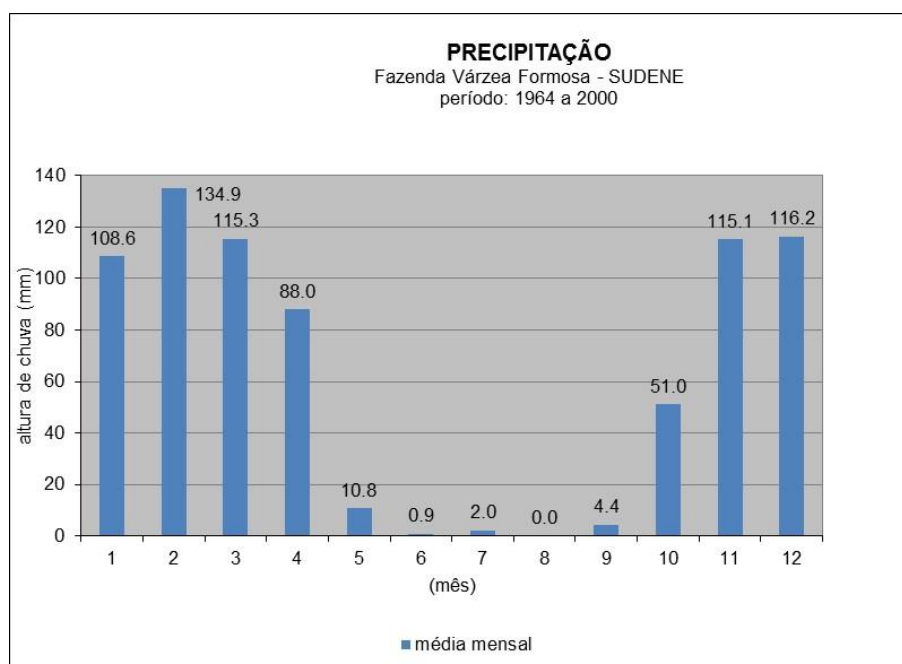


Gráfico 2 - Totais Mensais - posto de Fazenda Várzea Formosa

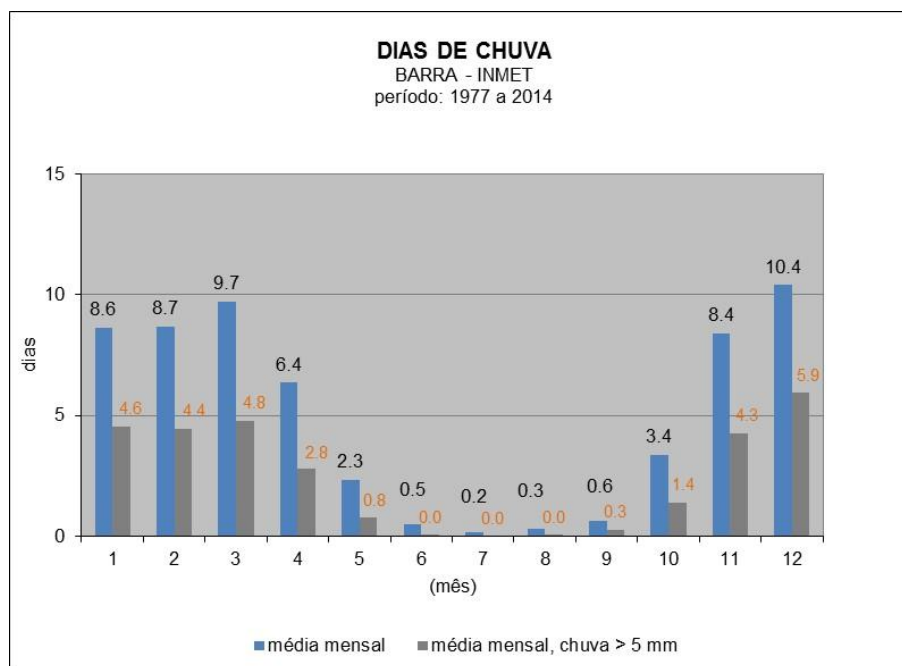


7.3. Dias de Chuva

No posto de Barra a média anual é de 60 dias com chuva (16 % do tempo). Chuvas com altura superiores a 5 mm ocorrem em média 29 dias no ano (8 % do tempo).

Os dias de chuva do posto de Barra são apresentados no *Gráfico 3*.

Gráfico 3 -Dias de chuva - posto de Barra



7.4. Normais Climatológicas

A seguir são apresentadas as normais climatológicas da estação de Barra, código OMM: 83179, do INMET, referentes ao período 1977 a 2015.

Gráfico 4 - Temperatura média

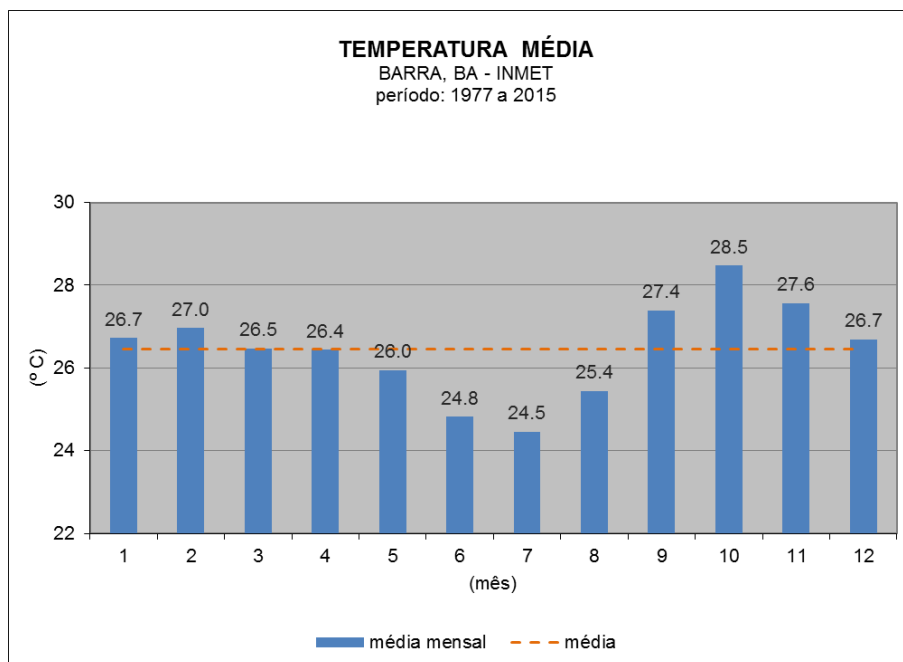


Gráfico 5 - Temperatura máxima

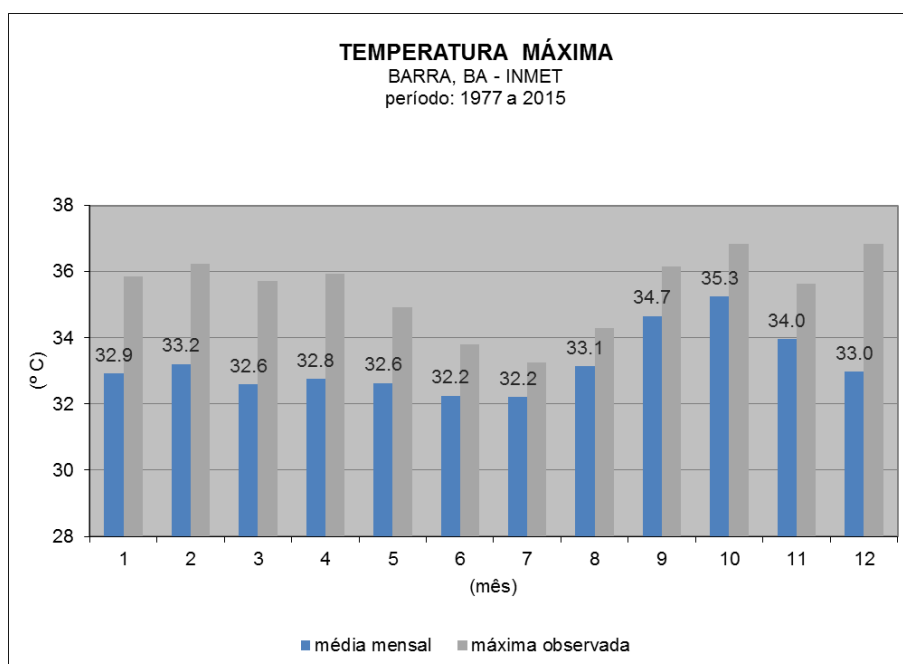


Gráfico 6 - Temperatura mínima

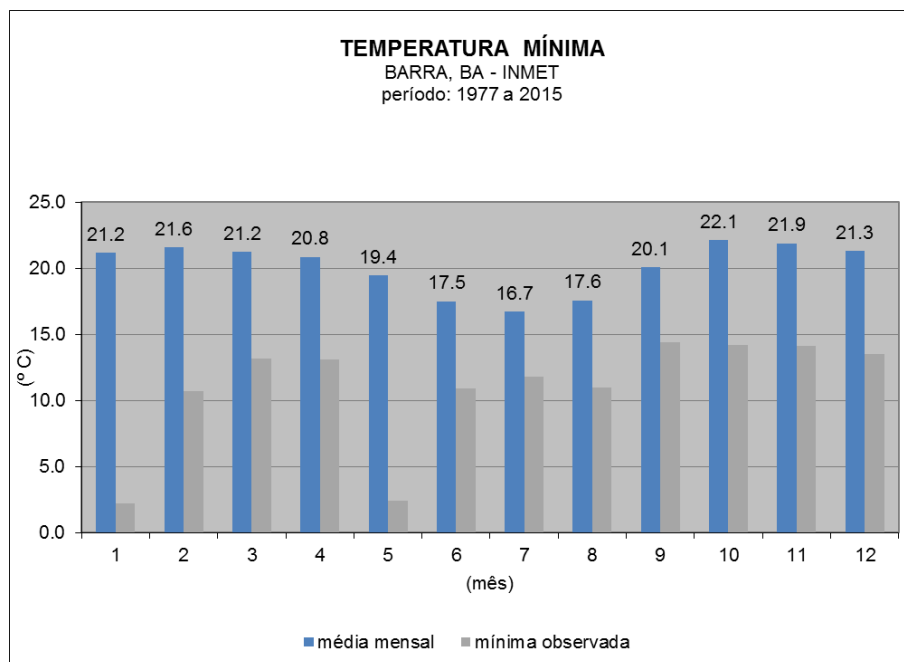


Gráfico 7 - Umidade

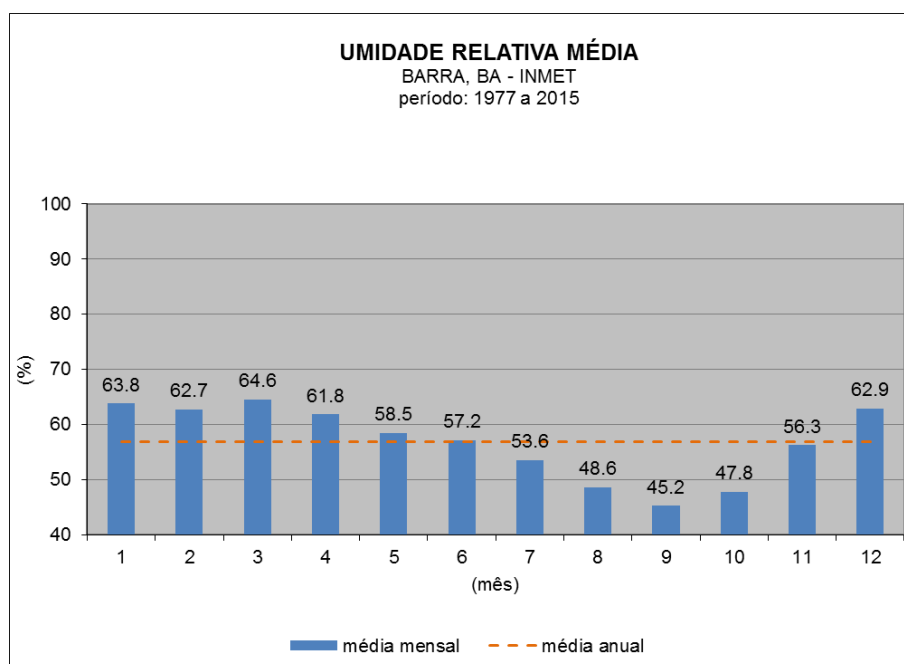


Gráfico 8 - Velocidade do vento

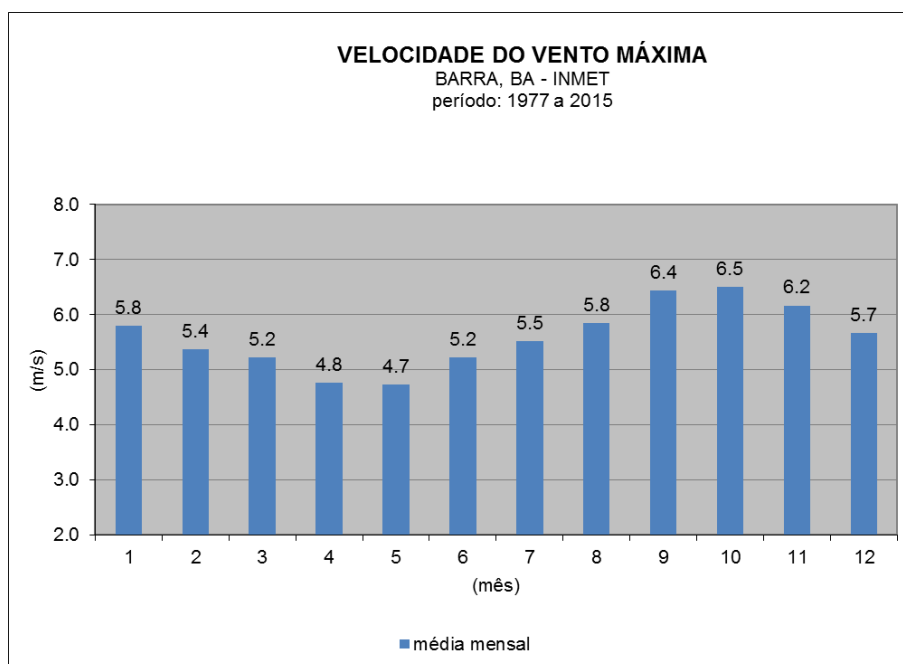
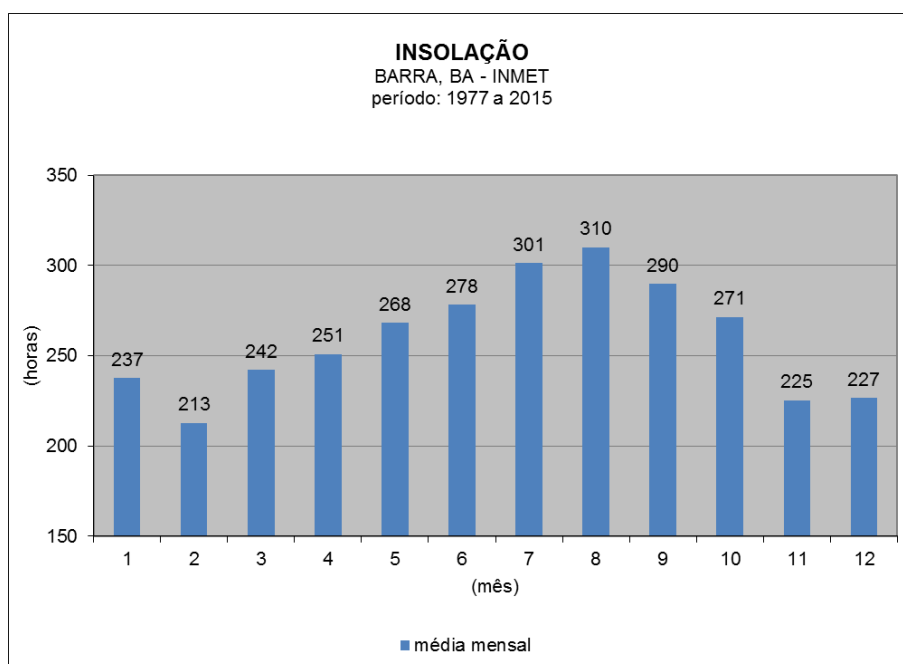


Gráfico 9 - Insolação



8. Dados Fluviométricos

8.1. Estações Utilizadas no Estudo

Os principais postos fluviométricos utilizados no estudo são as seguintes:

a) Estação: Barra

Tabela 2 – Características gerais da estação Barra.

Prefixo	46998000
Município	Barra, BA
Rio	São Francisco
Latitude	11°04'33S
Longitude	43°07'17W
Área da bacia	421.400 km ²
Período observação	10/1925 a 12/2015
Dados consistidos	10/1925 a 12/2006
Tipo de dados	Cotas
Operadora	CPRM

b) Estação: Morpará

Tabela 3 – Características gerais da estação Morpará.

Prefixo	46360000
Município	Morpará, BA
Rio	São Francisco
Município	Moripará
Latitude	11°33'30S
Longitude	43°16'57"
Altitude	399,0 m
Área da bacia	344.800,0 km ²
Período observação	10/1945 a 01/2015
Dados consistidos	06/1954 a 12/2006
Tipo de dados	Cotas e vazões
Operadora	CPRM

c) Estação: Boqueirão

Tabela 4 – Características gerais da estação Boqueirão.

Prefixo	46300000
Município	Mansidão, BA
Rio	Rio Grande
Latitude	11° 21' 19"
Longitude	43° 50' 44"
Altitude	401,0 m
Área da bacia	65.900,0 km ²
Período observação	08/1933 a 12/2015
Dados consistidos	08/1933 a 12/2006
Tipo de dados	Cotas e vazões
Operadora	CPRM

8.2. Localização das Estações

O posto de Barra está localizado junto à foz do rio Grande, cerca de 1 km a montante da primeira seção de projeto (Alternativa 3).

A régua liminométrica da estação foi nivelada com base no RN de projeto, sendo que a transposição dos dados da estação para este estudo foi feita por meio da seguinte relação:

$$\text{N.A. de projeto} = 396,521 \text{ m} + \text{cota liminométrica do posto}$$

O posto de Morpará está localizado no rio São Francisco, cerca de 60 km a montante das seções da nova ponte.

Já a estação de Boqueirão está instalada no rio Grande, 93 km a montante do rio São Francisco.

9. CRITÉRIOS DE PROJETO

9.1. Exigências de Navegação

Conforme orientação do DNIT, devem ser observadas as seguintes condições para o dimensionamento do canal de navegação sob a ponte:

- Padrão de comboio: comprimento 110 m; boca moldada 16,0 m; e, calado mínimo 1,50 m.
- Largura mínima do canal navegável projetado por sobre o talvegue do rio: 3,60 vezes a largura do comboio, resultando no vão livre horizontal da ponte em $(3,60 \times 16,0 = 57,6 \text{ m})$, aproximando para 60,0 m;
- Vão livre vertical (tirante de ar) = 10,0 m, sobre o nível da enchente decenal calculada para o local da obra, ou o nível máximo normal do reservatório e/ou remanso da uhe sobradinho.
- Vão livre horizontal deverá ser aumentado em caso da projeção do eixo da ponte sobre a seção perpendicular ao canal de navegação não seja ortogonal (ponte esconsa em relação às margens do rio).
- Vão de navegação: projetar no talvegue do rio e/ou em local que o integre.

9.2. Período de Retorno

- $T = 100$ anos, vazão de projeto para dimensionamento da seção hidráulica da ponte.
- $T = 10$ anos, dimensionamento do vão livre do canal de navegação.

9.3. Borda Livre

- No canal de navegação: 10,0 m, sobre o nível da enchente decenal.
- Fora do canal de navegação: 2,00 m, sobre o nível da enchente de $T=100$ anos.

10. Estudo de níveis d'água

Em função da proximidade do posto de Barra das seções em estudo, os níveis d'águas do posto foram tomados como representativos para as análises das travessias.

10.1. Maiores Níveis Registrados

No período de observação do posto de Barra, compreendido entre os anos 1925 a 2015, os três maiores níveis d'água registrados são os da Tabela 5.

Tabela 5 - Maiores níveis - posto de Barra.

nº	Nível d' água (m)	Data do nível
1	405,42	21/abril/1926
2	405,30	3/março/1979
3	404,94	28/fevereiro/1992

10.2. Permanência dos Níveis

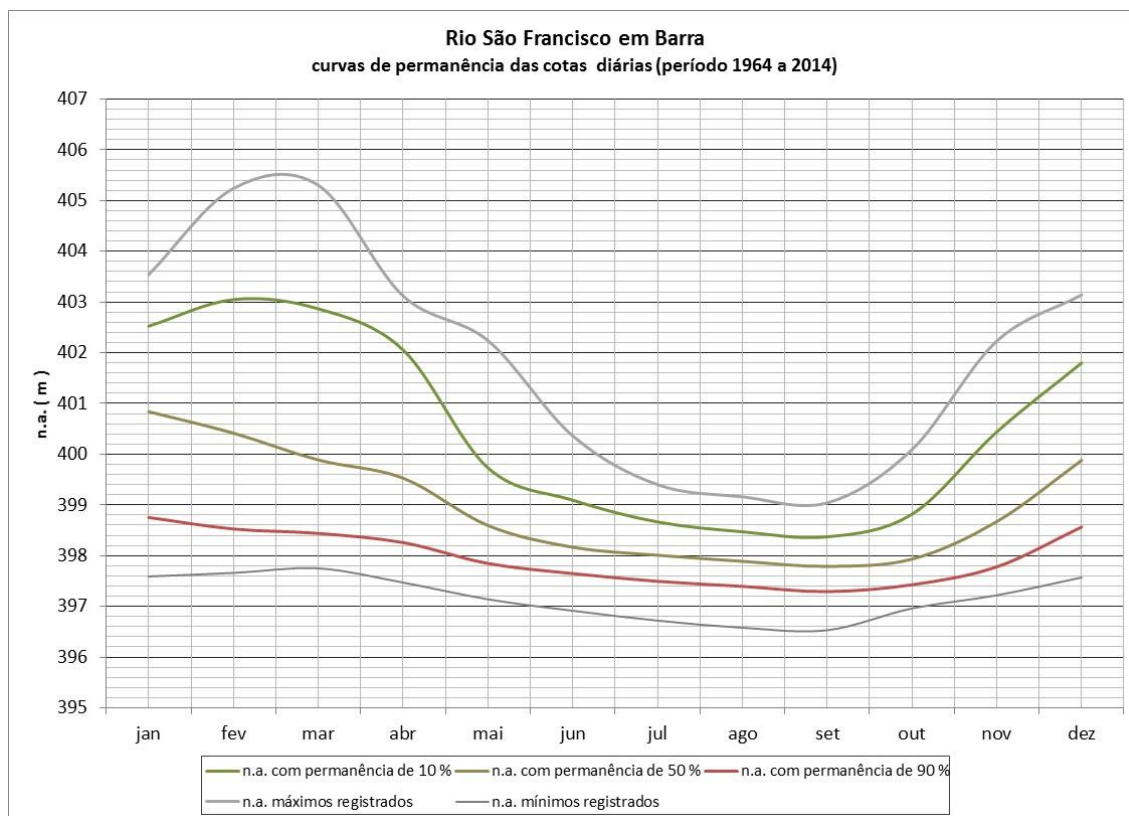
Foram calculadas curvas de permanência com base na série histórica das cotas diárias dos últimos 50 anos, 1964 a 2014, período em que já estava em operação a barragem de Três Marias. A frequência dos níveis foi computada para cada mês do ano para as permanências de 10 %, 50 % e 90 %; os resultados estão apresentados no Gráfico 10.

O gráfico pode ser compreendido por meio do seguinte exemplo: no mês de janeiro obtém-se os seguintes valores nas curvas: curva de 10%, N.A. = 402,5 m; curva de 50%, N.A. = 400,9 m; e, curva de 90%, N.A.= 398,8 m.

Os valores obtidos indicam as seguintes permanências: em 90% dos dias os níveis ficaram acima da cota 398,8 m; em 50% dos dias foram superiores à cota 400,9 m, e em apenas 10% do tempo superiores à elevação 402,5 m.

O gráfico mostra ainda as curvas referentes aos níveis d'água máximos e mínimos observados em cada mês no período de registro.

Gráfico 10 - Curvas de permanência mensal



10.3. Estudo de Níveis Máximos

Os níveis máximos referentes a vários períodos de recorrência foram estudados a partir da série histórica do posto de Barra, código ANA nº 46998000, com observações do período compreendido entre 1925 a 2015, totalizando série anual de 90 anos contínuos.

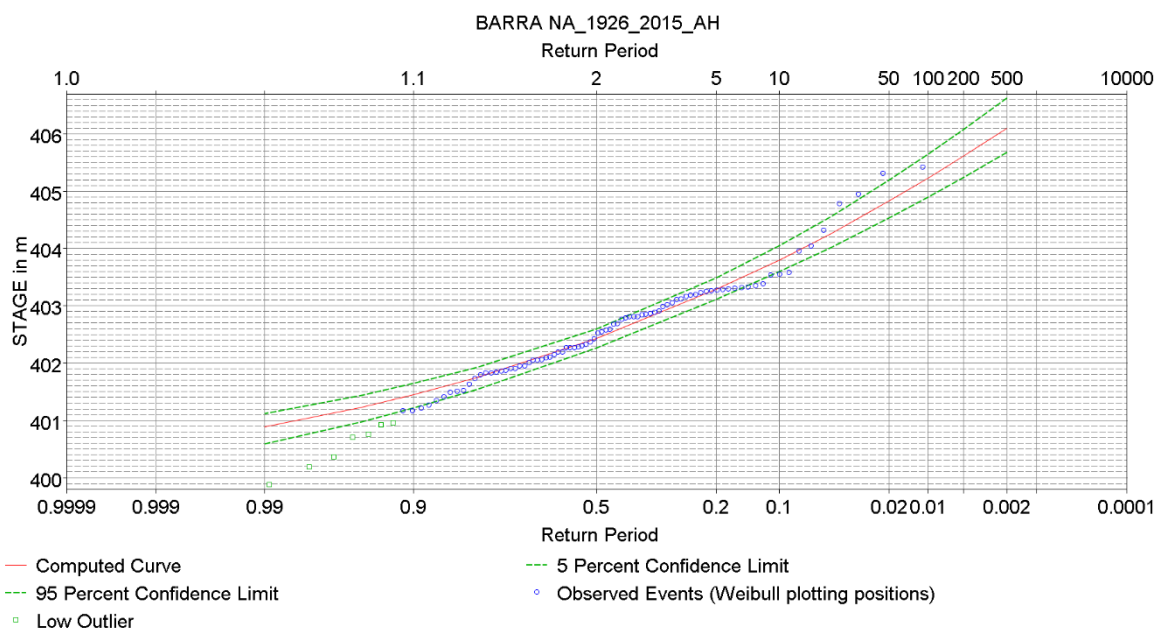
A série foi levantada considerando-se o ano hidrológico compreendido entre o dia 1º de outubro de determinado ano e o dia 30 de setembro do ano seguinte. Por essa razão dados inclusos no período de 01 de outubro de 1925 a 30 de setembro de 1926, pertencem ao ano hidrológico de 1926, e assim sucessivamente.

As poucas falhas da série foram completadas e consistidas a partir de informações de estações próximas. Dados recentes ainda não consistidos foram verificados.

A seguir procedeu-se às análises estatísticas para fins de seleção da distribuição de probabilidade mais representativa da série. A distribuição escolhida para os estudos foi a de LogPearson tipo III, cuja curva é apresentada no Gráfico 11.

Foi processada também a mesma distribuição para o período 1962 a 2015, quando já estava em operação o reservatório de Três Marias. Constatou-se que a diferença de níveis entre as duas séries é pouco significativa; no caso da cheia centenária o nível obtido é apenas 8 cm inferior ao da série total. Por essa razão foram considerados os 90 anos de dados.

Gráfico 11 - Distribuição de LogPearson III – N.A. no posto de Barra



Os níveis máximos em função do período de retorno obtidos pela distribuição citada são os da tabela a seguir.

Tabela 6 - Níveis máximos e período de retorno

T (anos)	Nível d' água, (m)
100	405,23
10	403,81

A série anual de níveis máximos, bem como a memória de cálculo do processamento da distribuição, estão apresentadas no Anexo I.

11. Análise de Vazões

11.1. Vazões Calculadas a partir da Série Histórica

- O cálculo da vazão de projeto na seção da travessia foi desenvolvido com base nas considerações abaixo.
- Foi utilizada como base a série das vazões máximas anuais do posto de Morpará, no período compreendido entre os anos hidrológicos de 1955 a 2015, totalizando 61 anos.
- Foram levantadas as vazões médias diárias do mesmo dia do posto de Boqueirão. A soma das descargas de pico dos dois postos representou um aumento médio na vazão de pico de 6,6 %.
- A área de drenagem com registros de dados, postos Morpará e Boqueirão, quando somadas totalizam: $344.800,0 + 46.300,0 = 391.100 \text{ km}^2$, ou seja 97 % da bacia de projeto.
- A série anual de projeto foi obtida acrescentando-se em média 1,6 % às vazões dos dois postos para inclusão da área remanescente de 7%.

As três maiores descargas calculadas a partir da série histórica para a seção de projeto em Barra, relacionadas aos três maiores níveis, estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Três maiores vazões de pico e N.A. em Barra

Q pico (m ³ /s)	n. a. máx. da cheia (m)	ano.
18.914,1	405,30	1979
16.90,7	404,94	1992
12.674,9	404,04	1980

11.2. Curva de Descarga

As vazões máximas calculadas conforme item anterior foram correlacionadas com os níveis d'água máximos anuais do posto Barra, resultando em curva de descarga teórica para as vazões máximas do posto.

A correlação pode ser visualizada no Gráfico 12, e resultou na seguinte equação polinomial cúbica:

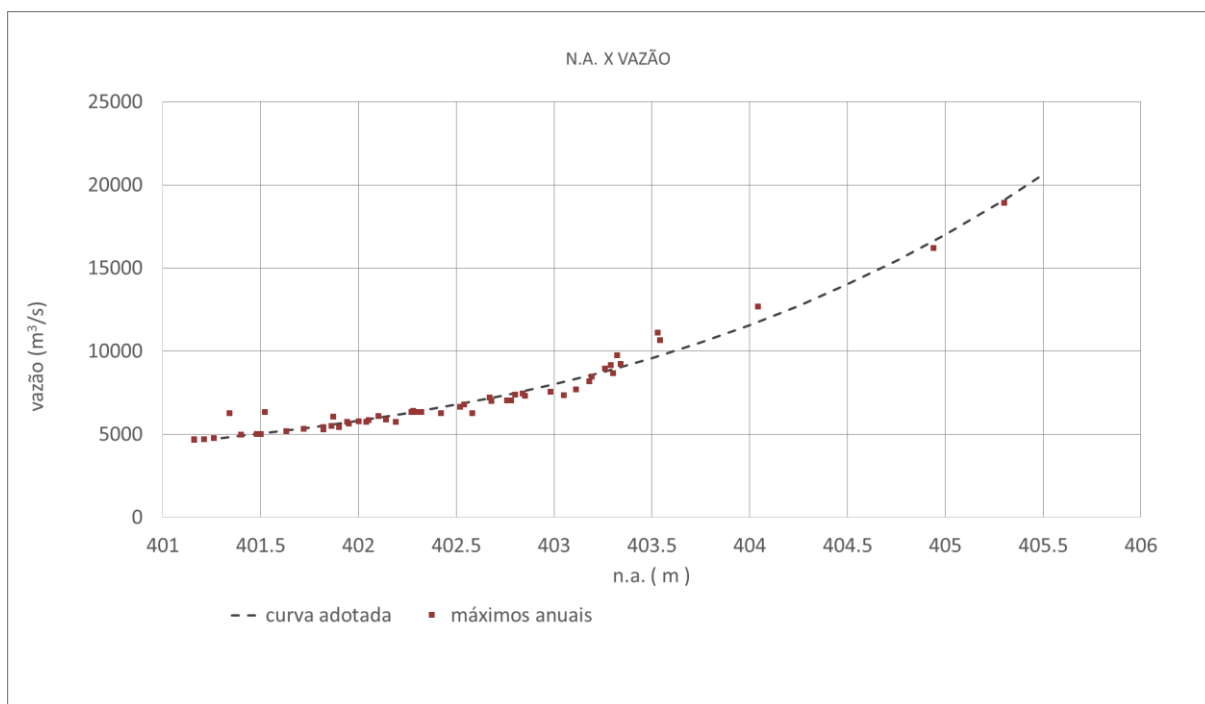
$$Qd = 91,33x^3 - 1101,2x^2 + 5555,9x - 6595,2; \text{ para } x > 4,78$$

Sendo:

$$x = (n. a. - 396,52);$$

Qd = vazão em m^3/s .

Gráfico 12 - Curva de descarga



11.3. Vazão de Projeto e Período de Retorno

As vazões referentes a vários períodos de retorno foram obtidas com o emprego de método estatístico a partir da série anual de vazões estudada para o posto de Barra.

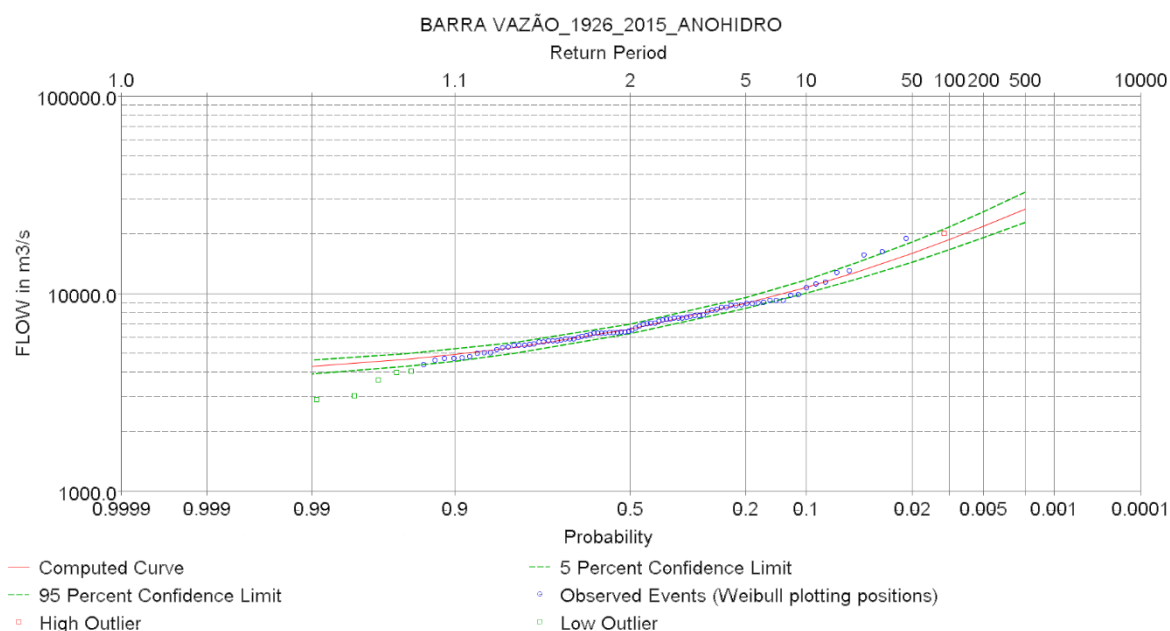
Os dados de vazão calculados para o período do ano hidrológico 1955 a 2015, obtidos a partir de séries históricas, foram estendidos, acrescentando-se vazões referentes ao período 1926 a 1954. Essas vazões foram calculadas por meio da curva de descarga analisada no item anterior utilizando-se como variável dependente os níveis máximos anuais do posto de Barra.

Com isso obteve-se uma série contínua entre os anos hidrológicos 1926 a 2015, totalizando 90 dados. Desse modo foi possível incluir nos estudos a grande cheia de 1926, além das da década de 1940.

Por meio de software, foram analisadas e testadas várias distribuições de probabilidades para a amostra sendo que após julgamento dos resultados optou-se, também neste caso, pela distribuição LogPearson tipo III.

Como controle foi analisado o período 1962 a 2015, para verificação dos efeitos do amortecimento proporcionado pelo reservatório de Três Marias nas descargas da seção do projeto. Do mesmo modo que resultou quando feita essa análise com os níveis d'água, as vazões obtidas na série reduzida foram sempre pouco inferiores à da série completa; da ordem de 2 %, na cheia centenária. Adotou-se então no estudo os resultados obtidos para a série de 90 anos.

Os dados estão apresentados no Gráfico 13, a seguir.

Gráfico 13 - Distribuição de LogPearson III – Vazão no posto de Barra

As vazões de pico na seção da ponte da BA-052, obtidas pela distribuição de LogPearson III, estão indicadas na Tabela 8. A vazão de projeto é a centenária com $Q_{100} = 18.746,6 \text{ m}^3/\text{s}$.

Tabela 8 - Vazões de dimensionamento

Período de retorno em anos	Vazão em - m^3/s
100	18.746,6
10	10.762,5

A série anual das vazões máximas consideradas nos estudos estatísticos, bem como a memória de cálculo da distribuição, estão apresentadas no Anexo II.

12. Maiores Cheias Registradas em Barra

As nove maiores cheias do rio São Francisco no posto de Barra, obtidas com base nos cálculos efetuados no trabalho, estão indicadas na Tabela 9.

Tabela 9 – Nove maiores cheias em Barra

Nº	Q pico (m³/s)	n. a. máximo da cheia (m)	Ano
1	19.997,6*	405,42	1926
2	18.914,1	405,30	1979
3	16.190,7	404,94	1992
4	15.623,4*	404,78	1949
5	13.025,1*	404,31	1946
6	12.674,9	404,04	1980
7	11.346,6*	403,95	1943
8	11.094,4	403,53	1983
9	10.649,9	403,54	1990

* valores obtidos a partir da curva de descarga

As grandes cheias do rio São Francisco mantêm elevados os níveis d'água do rio por vários dias e mesmo meses. A maior cheia a partir do ano 2000 foi a de março/2007, que alcançou 9.348,4 m³/s, sendo o n.a. 403,29 m.

Para permitir a avaliação dessa duração e das características das enchentes são apresentados nos Gráficos 14 e 15, os hidrogramas das cheias de 1979 e 1992, mostrando de forma comparativa os hidrogramas dos níveis no posto de Barra e as vazões.

Gráfico 14 - Hidrogramas da Cheia de 1979

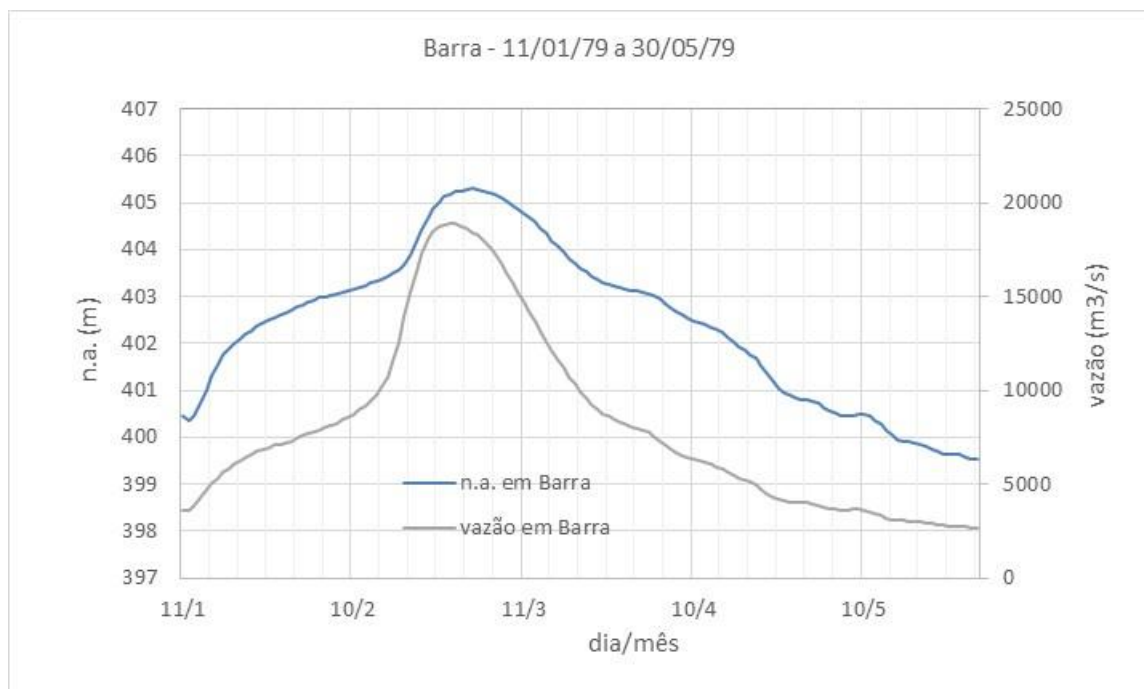
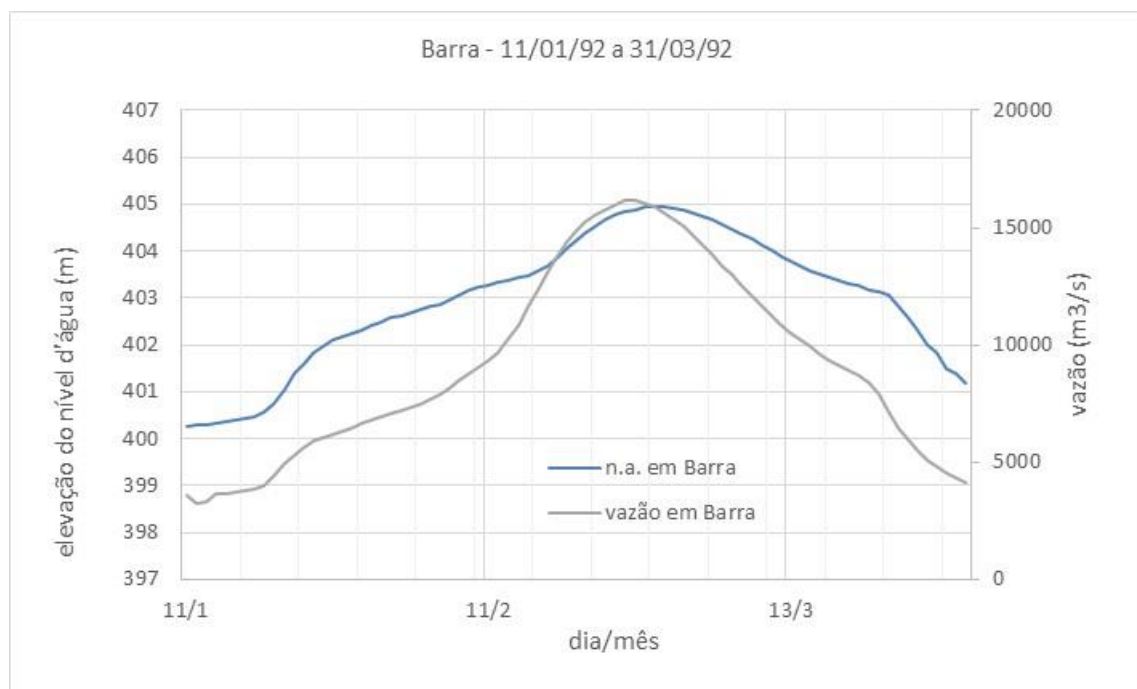


Gráfico 15 - Hidrogramas da Cheia de 1992



O volume das cheias calculado para o período indicado nos gráficos é de $98,5 \times 10^9$ m³, e $64,3 \times 10^9$ m³, respectivamente, para as cheias de 1979 e 1992.

O número de dias em que os níveis ficaram acima de determinada cota em cada cheia estão apresentados na Tabela 10.

O nível médio de longo termo do rio São Francisco em Barra é 399,08 m.

Tabela 10 - Número de dias acima da cota

Cota do n.a. (m)	Cheia 1979	Cheia 1992
> 401	102 dias	71 dias
> 402	89 dias	62 dias
> 403	59 dias	45 dias
> 404	26 dias	22 dias
> 405	13 dias	-
Pico	405,30 m	404,94 m

Foram também calculadas as velocidades de elevação dos níveis nas fases ascendente e de recessão do hidrograma da cheia de 1979. Os valores estão apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 - Velocidade de elevação dos níveis – cheia de 1979

Cotas (m)	Ascendente (m/dia)	Recessão (m/dia)
401 a 402	0,20	- 0,13
402 a 403	0,06	- 0,07
403 a 404	0,06	- 0,06
404 a 405	0,25	- 0,11
405 a 405,3	0,05	- 0,05
Média	0,09	0,08

As figuras a seguir apresentam fotos do satélite Landsat obtidas no pico da cheia de 1992. Na Figura 15 é possível visualizar as condições de inundação das margens nas três alternativas, e pode-se ver também que a sede do município de Barra fica ilhada. O canal formado na cheia interligando o rio Grande ao rio São Francisco possui baixa capacidade de vazão e não foi considerado nos cálculos. A Figura 6 ilustra a inundação da margem direita.

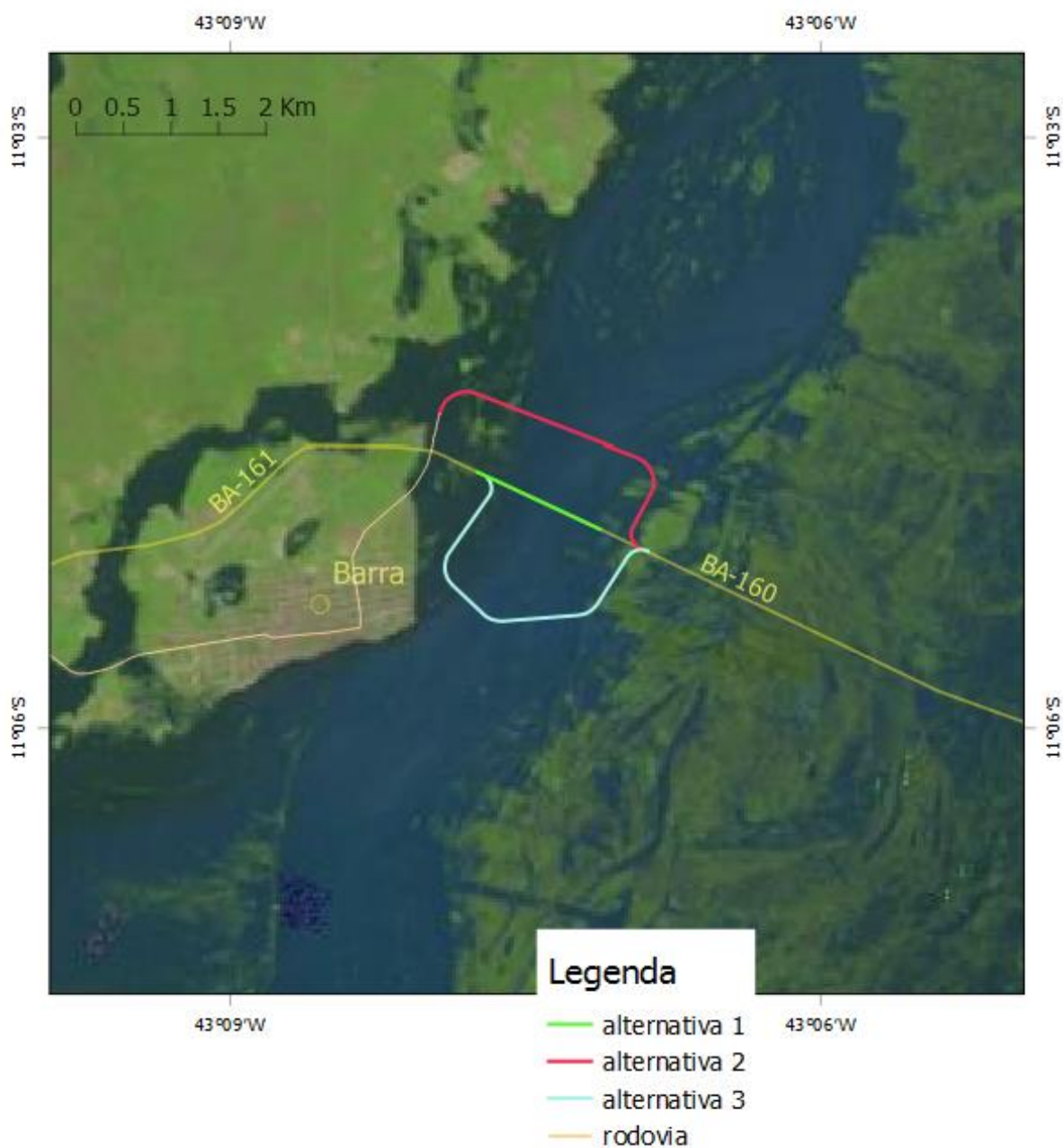


Figura 6 - Cheia de 1992, vista da região da ponte - imagem Landsat

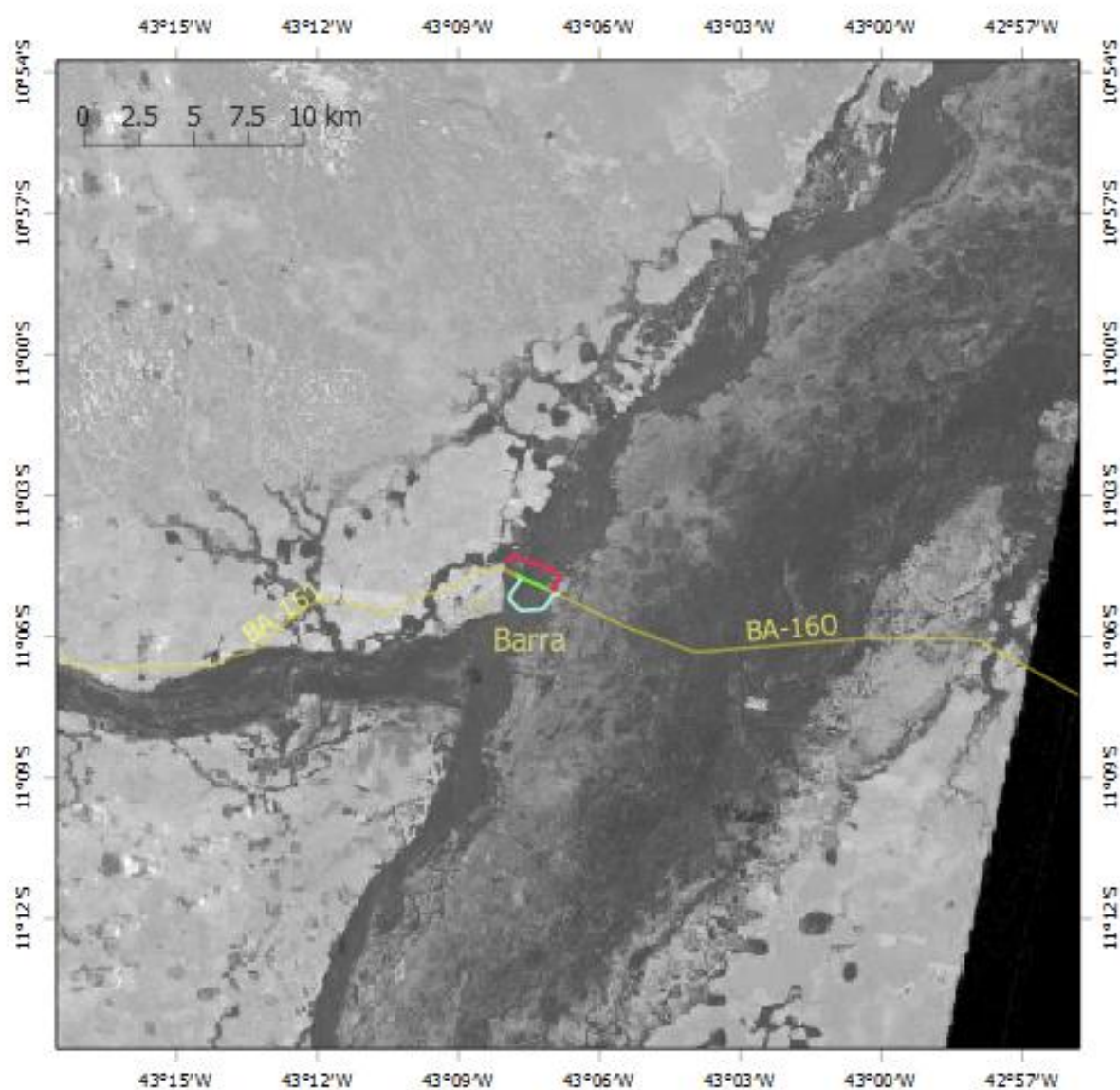


Figura 7 - Cheia de 1992, vista mostrando a inundação das margens - imagem Landsat

13. Metodologia

As análises das seções hidráulicas das alternativas foram desenvolvidas com emprego do modelo computacional HEC-RAS do U.S. Army Corps of Engineers. As simulações foram feitas no regime permanente considerando o escoamento em toda seção hidráulica compreendida pela calha principal do rio e as margens inundáveis.

13.1. Seções Transversais do Rio

Foram utilizados os dados obtidos nos levantamentos batimétricos realizados para os presentes estudos na região das 3 travessias.

Os dados foram complementados na superfície por meio de curvas de nível obtidas a partir das grades de pontos do sistema SRTM, 1 arc sec, disponibilizados pela NASA.

Como o leito maior possui largura da ordem de 12 km os dados obtidos do SRTM são os únicos elementos topográficos disponíveis para emprego no modelo.

13.2. Condições de Montante e Jusante

13.2.1. Reservatório de Três Marias

Conforme consta no item 6.2 a barragem de Três Marias está localizada 900 km a montante do local das seções da nova ponte.

A área de drenagem de 50.600 km² na barragem, representa cerca de 12 % da área da bacia de projeto.

A obra interfere com o regime fluvial do rio na seção de projeto uma vez que descarrega vazões regularizadas (513,0 m³/s) no período de estiagem e amortece os picos de enchente na ocasião das cheias.

Nas cheias a operação do reservatório de Três Marias tem como ponto de controle a cidade de Pirapora, onde ocorrem inundações para vazões no rio superiores a 4.000 m³/s. A operação de descarga na barragem é feita pela Cemig por meio de modelo que utiliza como dado de entrada informações em tempo real da rede fluviométrica e

como saída as defluências totais viáveis para não exceder a vazão de restrição. Os volumes de espera no reservatório para a cheia T 50 anos, são alocados abaixo do volume útil e são variáveis nos meses ao longo do ano e também em função das vazões afluentes nos meses de dezembro a fevereiro. Em situação de emergência a operação é decidida em função da vazão afluente real ou prevista, e os volumes vazios no reservatório, sendo ajustadas a cada intervalo. Ultrapassado o nível do volume útil as descargas na barragem serão da ordem da vazão afluente.

A vazão máxima afluente ao reservatório de Três Marias, desde sua entrada em operação, foi de 7.245 m³/s, em fevereiro de 1983.

Com base nas análises deste trabalho considerou-se que o efeito de amortecimento do reservatório nas descargas do rio, na seção da ponte, é significativo nas cheias de menor período de retorno.

13.2.2. Reservatório de Sobradinho

A barragem de Sobradinho está situada 360 km a jusante da nova travessia, enquanto o início da área inundada do reservatório dista cerca de 150 km das seções em estudo para a nova ponte.

A operação de controle de cheias no reservatório considera vazões máximas a jusante de 8.000 m³/s. Para evitar que essa descarga seja ultrapassada são alocados volumes abaixo do nível máximo operacional, 392,50 m, assegurando o risco a jusante para um período de retorno da ordem de 20 anos.

Portanto, nas grandes cheias estima-se que os níveis do reservatório devem alcançar, em determinados momentos, valores próximos ao n.a. máximo maximorum.

O nível d'água máximo na cheia com período de retorno de 100 anos na seção das pontes em estudo foi calculado neste trabalho em 405,3 m, ver itens 13.5 a 13.7, enquanto o n.a. máximo maximorum do reservatório de Sobradinho é 393,50 m.

A diferença de nível de 11,8 m, representa uma declividade nos 150 km da ordem de 8 cm/km.

As análises realizadas em modelo não mostraram interferência do remanso do reservatório de Sobradinho na seção das pontes.

13.3. Declividade e Rugosidade

A declividade de fundo a jusante das seções em estudo foi calculada a partir dos dados das cartas do levantamento do SRTM, resultando em 8 cm/km ($i = 0,008 \%$).

Os valores do coeficiente de rugosidade de Manning foram obtidos a partir do modelo hidráulico calibrando-se valores de n para as principais cheias e níveis d'água registrados.

O melhor ajuste resultou nos seguintes valores:

- Calha principal: $n = 0,022$
- Margens: $n = 0,050$

Foi avaliada no modelo a capacidade de amortecimento das cheias por acumulação de volumes no leito maior. Resultou que nas grandes enchentes, como na ocorrida no ano de 1979, esse amortecimento é pouco representativo diante da duração das grandes descargas do rio que geram volumes de valores elevados.

14. Resultados

A seguir são analisados as características e o desempenho das três alternativas de implantação das pontes e acessos, com base nos resultados do modelo e dos dados topográficos disponíveis nesta fase do projeto.

As três opções em análise foram nomeadas, no sentido do escoamento do rio, em Alternativa 3, Alternativa 1, e Alternativa 2.

14.1. Alternativa 1

A largura da calha principal é de 770 m. A seção é dividida em dois canais na passagem da Ilha Jurema.

O eixo da travessia corta a extremidade montante da ilha sendo que os terrenos no eixo são mais baixos que as margens, ficando submersos quando os níveis d'água do rio são superiores a elevação 400 m.

Na margem direita por cerca de 150 m além da margem os terrenos ainda são baixos e inundados nas grandes cheias.

Na margem esquerda, do mesmo modo, por 150 m além da margem os terrenos são baixos e inundáveis nas grandes cheias.

Os dados resultantes do modelo são os apresentados nas Tabelas 12 e 13.

Tabela 12 - Alternativa 1 - T100 anos

Resultados	Calha	Margens	Seção 1
N.A. montante/jusante da ponte, m	405,37		405,37
vazão, m ³ /s	10.876,88	7.869,72	18.746,60
área da seção hidráulica, m ²	6.940,03	23.590,61	30.530,64
velocidade média do fluxo, m/s	1,57	0,33	0,33
nº Froude	0,23	-	0,39

Tabela 13 - Alternativa 1 - T10 anos

Resultados	Calha	Margens	Seção 1
N.A. montante/jusante da ponte, m	403,79		403,79
vazão, m ³ /s	7.897,92	2.864,58	10.762,50
área da seção hidráulica, m ²	5.768,03	10.584,94	16.352,97
velocidade média do fluxo, m/s	1,37	0,27	0,27
nº Froude	0,22	-	0,46

14.2. Alternativa 2

A largura da calha principal do rio na alternativa 2 é de 1.070 m. Nessa extensão o eixo da travessia cruza a ilha Jurema em local onde os terrenos são mais elevados. Essa porção da ilha fica submersa nas grandes cheias quando os níveis d'água são superiores à elevação 405 m.

O acesso de interligação à BA-052 na margem direita tem cerca de 1.100 m. Nos primeiros 150 m após o encontro da ponte cruza terrenos pouco abaixo do n.a. máximo de projeto. No restante do trecho os terrenos estão no mesmo nível ou pouco acima.

Na margem esquerda o acesso possui 880 m de extensão. Os terrenos que ficam abaixo do n.a. máximo são os primeiros 120 m em seguida ao encontro. No restante do trecho os terrenos estão praticamente na mesma elevação do n.a máximo.

Os principais dados obtidos no modelo hidráulico estão indicados nas Tabelas 14 e 15.

Tabela 14 - Alternativa 2 - T100 anos

Resultados	Calha	Margens	Seção 2
N.A. montante/jusante da ponte, m	405,32		405,32
vazão, m ³ /s	10.058,30	8.688,30	18746,60
área da seção hidráulica, m ²	3.968,61	20.379,97	24348,58
velocidade média do fluxo, m/s	2,53	0,43	0,43
nº Froude	0,18	-	0,24

Tabela 15 - Alternativa 2 - T10 anos

Resultados	Calha	Margens	Seção 2
N.A. montante/jusante da ponte, m	403,72		403,72
vazão, m ³ /s	8.856,77	19.05,74	10.762,51
área da seção hidráulica, m ²	6.216,41	7.048,21	13.264,62
velocidade média do fluxo, m/s	1,42	0,27	0,27
nº Froude	0,19	-	0,29

14.3. Alternativa 3

A extensão total da alternativa, inclusive acesso, é de 3.500 m de extensão.

A calha do rio São Francisco no local da travessia tem largura de 360 m. O trecho remanescente do viário desenvolve-se sobre as margens em área de topografia baixa normalmente inundada nas grandes cheias.

Os dados obtidos nas simulações estão apresentados nas Tabelas 16 e 17.

Tabela 16 - Alternativa 3 - T100 anos

Resultados	Calha	Margens	Seção 3
N.A. montante/jusante da ponte, m	405,39		405,39
vazão, m ³ /s	10.058,30	8.688,30	18.746,60
área da seção hidráulica, m ²	3.968,61	20.379,97	24.348,58
velocidade média do fluxo, m/s	2,53	0,43	0,43
nº Froude	0,24	-	0,43

Tabela 17 - Alternativa 3 - T 10 anos

Resultados	Calha	Margens	Seção 3
N.A. montante/jusante da ponte, m	403,74		403,74
vazão, m ³ /s	8.371,35	2.391,15	10.762,50
área da seção hidráulica, m ²	3.448,85	7.400,15	1.0849
velocidade média do fluxo, m/s	2,43	0,32	0,32
nº Froude	0,22	-	0,50

14.4. Análise dos Resultados

a) Níveis D'água

Os níveis d' água obtidos no modelo são compatíveis com os níveis calculados a partir da distribuição de probabilidades da série histórica, conforme item 10.3. A comparação é apresentada na Tabela 18. Os dados do modelo utilizados nessa tabela são os da Alternativa 3, que está mais próxima do posto de Barra - cerca de 1 km a jusante; por essa razão, os níveis na seção 3 deverão estar pouco abaixo dos níveis da seção do posto.

Tabela 18 - Comparação de resultados dos níveis d'água

T (anos)	N.A. do modelo hidráulico	N.A. do estudo de probabilidade	Diferença
100	405,37	405,23	14 cm
10	403,79	403,81	- 3 cm

Os valores finais de dimensionamento são os obtidos no modelo.

b) Vazões

As vazões de dimensionamento permitiram simular no modelo as condições de escoamento na calha principal e margens, resultando velocidades e níveis compatíveis com a geometria da calha.

Como as seções hidráulicas das alternativas apresentam grandes variações de área, uma vez que o rio no trecho se alarga cerca de 300 m entre as seções extremas, os valores da descarga na calha principal variam nas alternativas devido à extravasão do leito.

A capacidade da calha na seção da Alternativa 1 é de 58 % da vazão de projeto centenária, enquanto nas Alternativa 2 e 3 é de 54 %.

A capacidade das margens foi avaliada com base nos dados topográficos já mencionados cuja resolução é limitada.

15. Conclusões e Recomendação

Conforme dados obtidos no presente trabalho a calha principal do rio São Francisco tem capacidade para atender entre 54 % a 58 %, das descargas da cheia centenária. A diferença é conduzida pela planície de inundação da margem direita. Em vista desse fato as obras rodoviárias a serem projetadas devem evitar obstruções nas margens em elevações abaixo da cheia centenária uma vez que estas áreas participam da seção de escoamento nas grandes cheias.

A alternativa em estudo que, neste momento, melhor atende a essa consideração é a Alternativa 1, que tem a vantagem de apresentar menor interferência com o escoamento, em função de sua diretriz estar alinhada, nas duas margens, com as pistas existentes da BA-052.

O comprimento da ponte a ser projetada deve ultrapassar a calha do rio e as áreas baixas nas margens. Como a nova obra deve atender ao gabarito de navegação, a altura do tabuleiro está longe de apresentar restrição aos níveis d'água da cheia centenária.

Como recomendação, sugere-se a título de continuidade deste estudo, na próxima etapa do projeto verificar e aprimorar os dados topográficos utilizados neste trabalho, por meio de levantamento de apoio nas áreas inundáveis das margens.

16. Bibliografia

- (1) CODEVASF – Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e Parnaíba. Projeto de gerenciamento integrado das atividades desenvolvidas em terra na bacia do São Francisco, ANA/GEF/PNUMA/OEA. Subprojeto 2.2.C – Análise multitemporal da dinâmica de alteração da conformação do leito do rio São Francisco – trecho Médio. Resumo executivo do relatório final. Brasília – DF, novembro de 2002.
- (2) IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Atlas Nacional do Brasil, unidades de relevo. Mapa síntese. Escala 1.5.000.000.
- (3) ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico. Diretrizes para as regras de operação de controle de cheias – bacia do rio São Francisco, ciclo 2015-2016. REL 3/144/2015. Rio de Janeiro, outubro de 2015.
- (4) EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Mapa exploratório – reconhecimento de solos do município de Barra, Ba. Recife, 1973.
- (5) Creech, C. T., Siqueira, R.B., Selegena, J.P., Miller C. Anthropogenic impacts to the sediment budget of São Francisco River navigation channel using Swat. Int J Agric & Biol Eng. June 2015, em [http// www.ijabe.org](http://www.ijabe.org).

ANEXO I – DADOS DO MODELO HIDRÁULICO

A seguir, são apresentados figuras com os resultados do modelo em forma de gráfico.

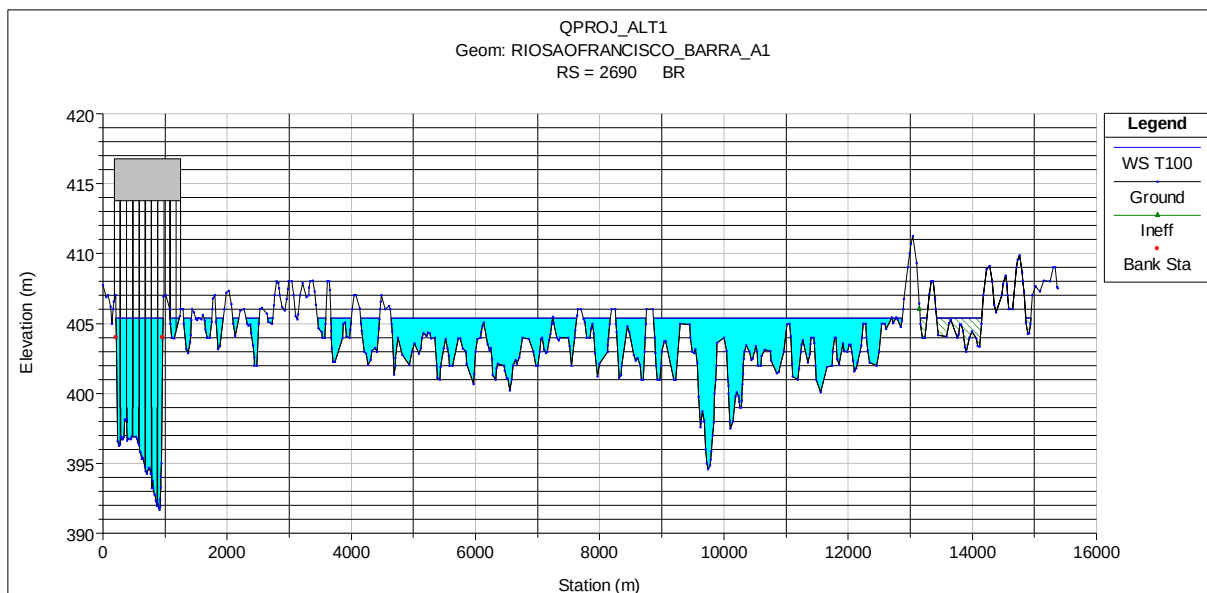


Figura 8 - Seção transversal da Alternativa 1 – T100 anos

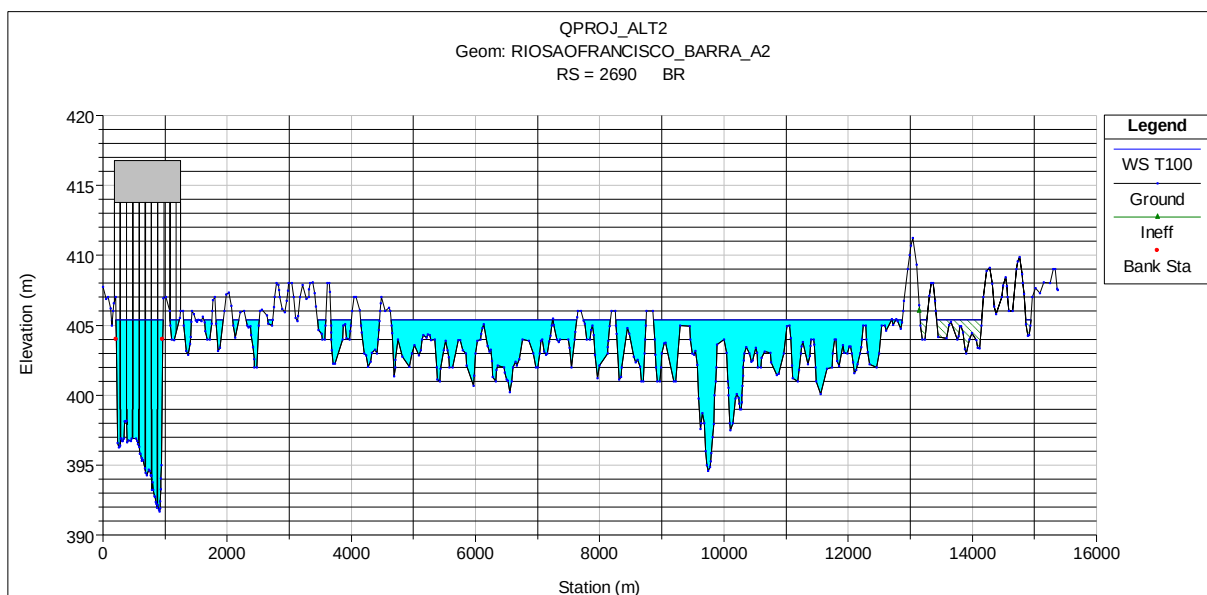


Figura 9 - Seção transversal da Alternativa 2 – T100 anos

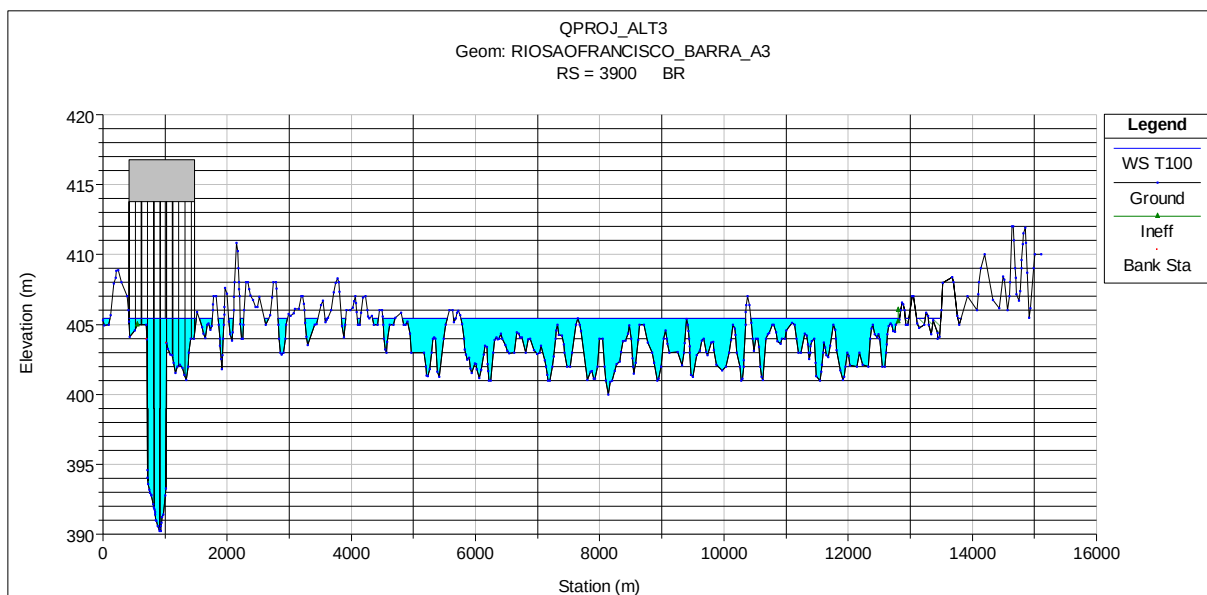


Figura 10 - Seção transversal da Alternativa 3 – T100 anos

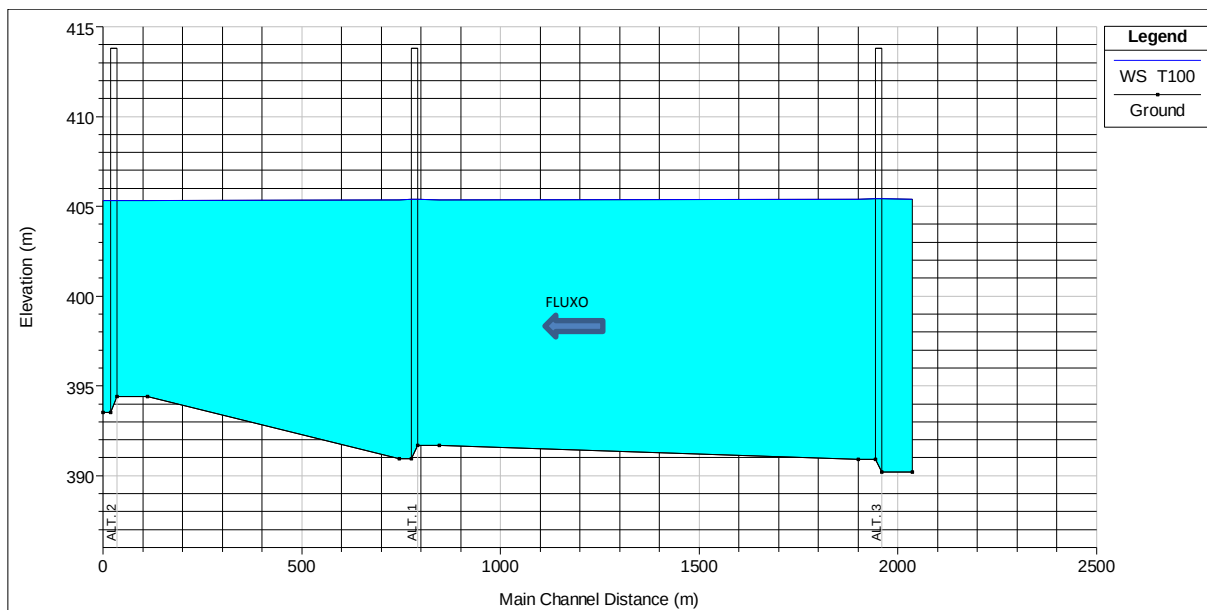


Figura 11 - Linha d' água do trecho de projeto – T100 anos

ANEXO II – ESTUDOS DE NÍVEIS

- Níveis Máximos – distribuição de probabilidade LogPearson III

General Frequency Analysis

--- Input Data ---

Analysis Name: BARRA NA_1926_2015_ANOHIDRO

Description: R1

Data Set Name: NIVEIS_BARRA_R11-BARRA-STAGE-PEAK

Plotting Position Type: Weibull

Probability Distribution Type: Pearson Type III

Use Log Transform

Upper Confidence Level: 0.05

Lower Confidence Level: 0.95

Skew Option: Use Station Skew

Regional Skew: ---

Regional Skew MSE: ---

Use Low Outlier Threshold

Low Outlier Threshold: 401.0

Display ordinate values using 2 digits in fraction part of value

--- End of Input Data ---

--- Preliminary Results ---

<< Skew Weighting >>

Based on 90 events, mean-square error of station skew = 0,071

Mean-square error of regional skew = -?

<< Frequency Curve >>

NIVEIS_BARRA_R11-BARRA-STAGE-PEAK

Computed Curve STAGE, m	Expected Probability ---	Percent Chance Exceedance	Confidence Limits	
			0,05 STAGE, m	0,95
405,79	---	0,2	406,30	405,39
405,41	---	0,5	405,86	405,04
405,09	---	1,0	405,51	404,76
404,76	---	2,0	405,13	404,45
404,27	---	5,0	404,58	404,01
403,84	---	10,0	404,12	403,61
403,35	---	20,0	403,57	403,15
402,44	---	50,0	402,62	402,26
401,59	---	80,0	401,79	401,37
401,17	---	90,0	401,40	400,91

400,84	---	95,0	401,09	400,54
400,24	---	99,0	400,53	399,87
-----	-----	-----	-----	-----

<< Systematic Statistics >>

NIVEIS_BARRA_R11-BARRA-STAGE-PEAK

Log Transform:		Number of Events	
STAGE, m			
Mean	2,605	Historic Events	0
Standard Dev	0,001	High Outliers	0
Station Skew	0,231	Low Outliers	0
Regional Skew	---	Zero Events	0
Weighted Skew	---	Missing Events	0
Adopted Skew	0,231	Systematic Events	90

--- End of Preliminary Results ---

<< Low Outlier Test >>

Based on 90 events, 10 percent outlier test deviate K(N) = 2,981
 Computed low outlier test value = 399,379

7 low outlier(s) identified below input threshold of 401

Statistics and frequency curve adjusted for 7 low outlier(s)

<< High Outlier Test >>

Based on 90 events, 10 percent outlier test deviate K(N) = 2,981
 Computed high outlier test value = 405,606

0 high outlier(s) identified above test value of 405,606

<< Systematic Statistics >>

NIVEIS_BARRA_R11-BARRA-STAGE-PEAK

Log Transform:		Number of Events	
STAGE, m			
Mean	2,605	Historic Events	0
Standard Dev	0,001	High Outliers	0
Station Skew	0,801	Low Outliers	7
Regional Skew	---	Zero Events	0
Weighted Skew	---	Missing Events	0
Adopted Skew	0,231	Systematic Events	90

Note: Statistics and frequency curve were modified
 using conditional probability adjustment.

--- Final Results ---

<< Plotting Positions >>

NIVEIS_BARRA_R11-BARRA-STAGE-PEAK

Events Analyzed				Ordered Events			
				STAGE	Water	STAGE	Weibull
Day	Mon	Year	m	Rank	Year	m	Plot Pos
21	Abr	1926	405,42	1	1926	405,42	1,10
21	Mar	1927	402,80	2	1979	405,30	2,20
13	Fev	1928	402,27	3	1992	404,94	3,30
15	Mar	1929	403,38	4	1949	404,78	4,40
27	Dez	1929	401,90	5	1946	404,31	5,49
09	Abr	1931	403,24	6	1980	404,04	6,59
30	Jan	1932	402,09	7	1943	403,95	7,69
02	Fev	1933	402,88	8	1945	403,57	8,79
23	Jan	1934	403,27	9	1990	403,54	9,89
01	Mar	1935	402,90	10	1983	403,53	10,99
11	Mar	1936	401,79	11	1929	403,38	12,09
24	Fev	1937	403,01	12	1963	403,34	13,19
19	Jan	1938	403,10	13	1982	403,32	14,29
25	Fev	1939	403,16	14	1947	403,31	15,38
29	Mar	1940	402,80	15	1957	403,30	16,48
19	Abr	1941	402,36	16	2007	403,29	17,58
26	Jan	1942	402,57	17	1952	403,28	18,68
06	Fev	1943	403,95	18	1934	403,27	19,78
15	Jan	1944	403,22	19	1985	403,26	20,88
05	Mai	1945	403,57	20	1931	403,24	21,98
27	Jan	1946	404,31	21	1944	403,22	23,08
13	Abr	1947	403,31	22	1986	403,19	24,18
13	Jan	1948	402,86	23	1968	403,18	25,27
01	Mar	1949	404,78	24	1939	403,16	26,37
04	Jan	1950	402,04	25	1966	403,11	27,47
10	Abr	1951	402,26	26	1938	403,10	28,57
07	Abr	1952	403,28	27	1964	403,05	29,67
03	Jan	1953	401,84	28	1937	403,01	30,77
03	Jan	1954	402,19	29	1960	402,98	31,87
06	Fev	1955	402,05	30	1935	402,90	32,97
17	Jan	1956	402,68	31	1933	402,88	34,07
07	Abr	1957	403,30	32	1948	402,86	35,16
10	Fev	1958	402,14	33	1970	402,85	36,26
17	Mar	1959	401,72	34	1984	402,84	37,36
31	Mar	1960	402,98	35	1993	402,80	38,46
13	Fev	1961	402,78	36	1940	402,80	39,56
09	Fev	1962	401,82	37	1927	402,80	40,66
26	Jan	1963	403,34	38	1961	402,78	41,76
10	Fev	1964	403,05	39	1981	402,76	42,86
29	Mar	1965	402,52	40	1956	402,68	43,96
25	Fev	1966	403,11	41	2012	402,67	45,05
07	Jan	1967	401,90	42	1978	402,58	46,15
21	Mar	1968	403,18	43	1942	402,57	47,25
18	Dez	1968	401,63	44	1994	402,54	48,35
12	Fev	1970	402,85	45	1965	402,52	49,45
23	Nov	1970	400,75	46	1977	402,42	50,55
05	Dez	1971	401,95	47	1941	402,36	51,65
11	Abr	1973	402,04	48	1991	402,32	52,75
06	Abr	1974	402,19	49	2004	402,30	53,85
16	Jan	1975	401,52	50	2006	402,28	54,95
23	Nov	1975	399,87	51	2011	402,27	56,04

13	Fev	1977	402,42	52	1928	402,27	57,14	
21	Mar	1978	402,58	53	1951	402,26	58,24	
03	Mar	1979	405,30	54	1974	402,19	59,34	
23	Fev	1980	404,04	55	1954	402,19	60,44	
11	Abr	1981	402,76	56	1958	402,14	61,54	
20	Fev	1982	403,32	57	1988	402,10	62,64	
10	Mar	1983	403,53	58	1932	402,09	63,74	
05	Jan	1984	402,84	59	1955	402,05	64,84	
23	Fev	1985	403,26	60	1973	402,04	65,93	
02	Fev	1986	403,19	61	1950	402,04	67,03	
16	Abr	1987	400,70	62	1997	402,00	68,13	
01	Jan	1988	402,10	63	1972	401,95	69,23	
02	Jan	1989	401,16	64	2009	401,94	70,33	
14	Jan	1990	403,54	65	1967	401,90	71,43	
13	Abr	1991	402,32	66	1930	401,90	72,53	
28	Fev	1992	404,94	67	2014	401,87	73,63	
10	Jan	1993	402,80	68	2003	401,86	74,73	
03	Fev	1994	402,54	69	1953	401,84	75,82	
04	Dez	1994	400,36	70	2000	401,82	76,92	
11	Jan	1996	401,48	71	1962	401,82	78,02	
24	Jan	1997	402,00	72	1936	401,79	79,12	
04	Mar	1998	401,26	73	1959	401,72	80,22	
15	Mar	1999	401,50	74	1969	401,63	81,32	
28	Mar	2000	401,82	75	1975	401,52	82,42	
26	Dez	2000	401,16	76	1999	401,50	83,52	
30	Jan	2002	401,40	77	1996	401,48	84,62	
31	Jan	2003	401,86	78	2002	401,40	85,71	
08	Mar	2004	402,30	79	2005	401,34	86,81	
31	Jan	2005	401,34	80	1998	401,26	87,91	
02	Jan	2006	402,28	81	2010	401,21	89,01	
12	Mar	2007	403,29	82	2001	401,16	90,11	
16	Fev	2008	400,95	83	1989	401,16	91,21	
17	Jan	2009	401,94	84	2008	400,95*	92,31	
11	Jan	2010	401,21	85	2013	400,92*	93,41	
05	Abr	2011	402,27	86	1971	400,75*	94,51	
03	Fev	2012	402,67	87	1987	400,70*	95,60	
09	Fev	2013	400,92	88	1995	400,36*	96,70	
04	Jan	2014	401,87	89	2015	400,18*	97,80	
20	Fev	2015	400,18	90	1976	399,87*	98,90	

* Outlier

<< Skew Weighting >>

 Based on 90 events, mean-square error of station skew = 0,103
 Mean-square error of regional skew = -?

<< Frequency Curve >>

NIVEIS_BARRA_R11-BARRA-STAGE-PEAK

Computed	Expected	Percent	Confidence Limits	
Curve	Probability	Chance	0,05	0,95
STAGE, m		Exceedance	STAGE, m	
406,10	---	0,2	406,63	405,68
405,61	---	0,5	406,08	405,24
405,23	---	1,0	405,64	404,89
404,83	---	2,0	405,19	404,53
404,26	---	5,0	404,56	404,02
403,80	---	10,0	404,05	403,59
403,29	---	20,0	403,49	403,11
402,43	---	50,0	402,60	402,27
401,75	---	80,0	401,93	401,54
401,45	---	90,0	401,64	401,22
401,23	---	95,0	401,44	400,97
400,88	---	99,0	401,12	400,59

<< Synthetic Statistics >>

NIVEIS_BARRA_R11-BARRA-STAGE-PEAK

Log Transform:		Number of Events	
STAGE, m			
Mean	2,605	Historic Events	0
Standard Dev	0,001	High Outliers	0
Station Skew	0,734	Low Outliers	7
Regional Skew	---	Zero Events	0
Weighted Skew	---	Missing Events	0
Adopted Skew	0,734	Systematic Events	90

--- End of Analytical Frequency Curve ---

Note: No ordinates specified for graphical frequency curve

ANEXO III – ANÁLISE DE VAZÕES

- Vazão Máxima – distribuição de probabilidade LogPearson III

 General Frequency Analysis
 20 Jan 2016 01:41 PM

--- Input Data ---

Analysis Name: BARRA VAZÃO_1926_2015_ANOHIDRO
 Description: R1

Data Set Name: VAZAO_BARRA_26_15_R12-BARRA-FLOW-PEAK

Plotting Position Type: Weibull

Probability Distribution Type: Pearson Type III
 Use Log Transform

Upper Confidence Level: 0.05
 Lower Confidence Level: 0.95

Skew Option: Use Station Skew
 Regional Skew: ---
 Regional Skew MSE: ---

Use Low Outlier Threshold
 Low Outlier Threshold: 4200.0

Display ordinate values using 1 digits in fraction part of value

--- End of Input Data ---

--- Preliminary Results ---

<< Plotting Positions >>
 VAZAO_BARRA_26_15_R12-BARRA-FLOW-PEAK

Events Analyzed				Ordered Events			
Day	Mon	Year	FLOW m3/s	Rank	Water Year	FLOW m3/s	Weibull Plot Pos
21	Abr	1926	19.997,6	1	1926	19.997,6*	1,10
21	Mar	1927	7.488,8	2	1979	18.914,1	2,20
13	Fev	1928	6.307,4	3	1992	16.190,7	3,30
15	Mar	1929	9.173,8	4	1949	15.623,4	4,40
27	Dez	1929	5.645,6	5	1946	13.025,1	5,49
09	Abr	1931	8.730,6	6	1980	12.674,9	6,59
30	Jan	1932	5.971,0	7	1943	11.346,6	7,69
02	Fev	1933	7.695,4	8	1983	11.094,4	8,79
23	Jan	1934	8.825,1	9	1990	10.649,9	9,89
01	Mar	1935	7.748,3	10	1945	9.836,9	10,99
11	Mar	1936	5.469,8	11	1982	9.746,4	12,09
24	Fev	1937	8.048,7	12	1963	9.216,0	13,19
19	Jan	1938	8.306,6	13	1929	9.173,8	14,29
25	Fev	1939	8.484,8	14	2007	9.158,8	15,38
29	Mar	1940	7.488,8	15	1985	8.956,6	16,48
19	Abr	1941	6.487,0	16	1947	8.943,9	17,58
26	Jan	1942	6.938,2	17	1952	8.857,0	18,68

06	Fev	1943	11.346,6	18	1934	8.825,1	19,78	
15	Jan	1944	8.668,2	19	1931	8.730,6	20,88	
05	Mai	1945	9.836,9	20	1957	8.687,5	21,98	
27	Jan	1946	13.025,1	21	1944	8.668,2	23,08	
13	Abr	1947	8.943,9	22	1939	8.484,8	24,18	
13	Jan	1948	7.643,0	23	1986	8.447,4	25,27	
01	Mar	1949	15.623,4	24	1938	8.306,6	26,37	
04	Jan	1950	5.882,5	25	1968	8.175,0	27,47	
10	Abr	1951	6.288,0	26	1937	8.048,7	28,57	
07	Abr	1952	8.857,0	27	1935	7.748,3	29,67	
03	Jan	1953	5.548,6	28	1933	7.695,4	30,77	
03	Jan	1954	6.154,3	29	1966	7.694,5	31,87	
06	Fev	1955	5.861,7	30	1948	7.643,0	32,97	
17	Jan	1956	6.992,3	31	1960	7.557,4	34,07	
07	Abr	1957	8.687,5	32	1940	7.488,8	35,16	
10	Fev	1958	5.870,5	33	1927	7.488,8	36,26	
17	Mar	1959	5.328,5	34	1984	7.465,1	37,36	
31	Mar	1960	7.557,4	35	1993	7.381,3	38,46	
13	Fev	1961	7.029,8	36	1964	7.355,8	39,56	
09	Fev	1962	5.300,3	37	1970	7.323,4	40,66	
26	Jan	1963	9.216,0	38	2012	7.193,0	41,76	
10	Fev	1964	7.355,8	39	1981	7.038,6	42,86	
29	Mar	1965	6.644,7	40	1961	7.029,8	43,96	
25	Fev	1966	7.694,5	41	1956	6.992,3	45,05	
07	Jan	1967	5.443,0	42	1942	6.938,2	46,15	
21	Mar	1968	8.175,0	43	1994	6.774,4	47,25	
18	Dez	1968	5.167,8	44	1965	6.644,7	48,35	
12	Fev	1970	7.323,4	45	1941	6.487,0	49,45	
23	Nov	1970	3.972,2	46	2006	6.419,1	50,55	
05	Dez	1971	5.637,6	47	1975	6.346,2	51,65	
11	Abr	1973	5.742,8	48	2011	6.337,8	52,75	
06	Abr	1974	5.735,2	49	1991	6.328,7	53,85	
16	Jan	1975	6.346,2	50	2004	6.324,1	54,95	
23	Nov	1975	3.029,6	51	1928	6.307,4	56,04	
13	Fev	1977	6.279,6	52	1951	6.288,0	57,14	
21	Mar	1978	6.275,9	53	1977	6.279,6	58,24	
03	Mar	1979	18.914,1	54	1978	6.275,9	59,34	
23	Fev	1980	12.674,9	55	2005	6.270,4	60,44	
11	Abr	1981	7.038,6	56	1954	6.154,3	61,54	
20	Fev	1982	9.746,4	57	1988	6.081,1	62,64	
10	Mar	1983	11.094,4	58	2014	6.049,5	63,74	
05	Jan	1984	7.465,1	59	1932	5.971,0	64,84	
23	Fev	1985	8.956,6	60	1950	5.882,5	65,93	
02	Fev	1986	8.447,4	61	1958	5.870,5	67,03	
16	Abr	1987	4.042,2	62	1955	5.861,7	68,13	
01	Jan	1988	6.081,1	63	1997	5.784,0	69,23	
02	Jan	1989	4.663,2	64	2009	5.754,8	70,33	
14	Jan	1990	10.649,9	65	1973	5.742,8	71,43	
13	Abr	1991	6.328,7	66	1974	5.735,2	72,53	
28	Fev	1992	16.190,7	67	1930	5.645,6	73,63	
10	Jan	1993	7.381,3	68	1972	5.637,6	74,73	
03	Fev	1994	6.774,4	69	1953	5.548,6	75,82	
04	Dez	1994	3.624,0	70	2003	5.484,0	76,92	
11	Jan	1996	4.999,0	71	1936	5.469,8	78,02	
24	Jan	1997	5.784,0	72	1967	5.443,0	79,12	
04	Mar	1998	4.761,9	73	2000	5.442,8	80,22	
15	Mar	1999	4.994,6	74	1959	5.328,5	81,32	
28	Mar	2000	5.442,8	75	1962	5.300,3	82,42	
26	Dez	2000	4.689,9	76	1969	5.167,8	83,52	
30	Jan	2002	4.962,1	77	1996	4.999,0	84,62	

31 Jan 2003	5.484,0	78	1999	4.994,6	85,71	
08 Mar 2004	6.324,1	79	2002	4.962,1	86,81	
31 Jan 2005	6.270,4	80	1998	4.761,9	87,91	
02 Jan 2006	6.419,1	81	2001	4.689,9	89,01	
12 Mar 2007	9.158,8	82	2010	4.682,0	90,11	
16 Fev 2008	4.330,5	83	1989	4.663,2	91,21	
17 Jan 2009	5.754,8	84	2013	4.573,9	92,31	
11 Jan 2010	4.682,0	85	2008	4.330,5	93,41	
05 Abr 2011	6.337,8	86	1987	4.042,2*	94,51	
03 Fev 2012	7.193,0	87	1971	3.972,2*	95,60	
09 Fev 2013	4.573,9	88	1995	3.624,0*	96,70	
04 Jan 2014	6.049,5	89	1976	3.029,6*	97,80	
20 Fev 2015	2.897,7	90	2015	2.897,7*	98,90	

* Outlier

<< Skew Weighting >>

Based on 90 events, mean-square error of station skew = 0,091
Mean-square error of regional skew = -?

<< Frequency Curve >>

VAZAO_BARRA_26_15_R12-BARRA-FLOW-PEAK

Computed	Expected	Percent	Confidence Limits
Curve	Probability	Chance	0,05 0,95
FLOW, m3/s		Exceedance	FLOW, m3/s

23.878,1	---	0,2	28.772,8 20.592,1
20.291,3	---	0,5	23.935,3 17.786,1
17.834,2	---	1,0	20.691,3 15.830,3
15.571,5	---	2,0	17.762,1 13.999,7
12.836,3	---	5,0	14.309,4 11.738,7
10.923,2	---	10,0	11.965,5 10.115,0
9.098,2	---	20,0	9.802,3 8.517,9
6.656,9	---	50,0	7.072,2 6.259,7
5.103,5	---	80,0	5.456,2 4.729,7
4.520,3	---	90,0	4.867,3 4.144,0
4.124,8	---	95,0	4.470,5 3.746,3
3.544,2	---	99,0	3.888,6 3.164,9

<< Systematic Statistics >>

VAZAO_BARRA_26_15_R12-BARRA-FLOW-PEAK

Log Transform:		Number of Events
FLOW, m3/s		

Mean	3,838	Historic Events 0
Standard Dev	0,151	High Outliers 0
Station Skew	0,569	Low Outliers 0
Regional Skew	---	Zero Events 0
Weighted Skew	---	Missing Events 0
Adopted Skew	0,569	Systematic Events 90

--- End of Preliminary Results ---

 << High Outlier Test >>

Based on 90 events, 10 percent outlier test deviate $K(N) = 2,981$
 Computed high outlier test value = 19.439,26

1 high outlier(s) identified above test value of 19.439,26

* * * * *
 * Note - Collection of historical information and *
 * comparison with similar data should be explored, *
 * if not incorporated in this analysis. *
 * * * * *

Statistics and frequency curve adjusted for 1 high outlier(s)

 << Low Outlier Test >>

Based on 90 events, 10 percent outlier test deviate $K(N) = 2,981$
 Computed low outlier test value = 2.434,62

5 low outlier(s) identified below input threshold of 4.200

Statistics and frequency curve adjusted for 5 low outlier(s)

<< Systematic Statistics >>

VAZAO_BARRA_26_15_R12-BARRA-FLOW-PEAK

Log Transform:		Number of Events	
FLOW, m3/s			
Mean	3,855	Historic Events	0
Standard Dev	0,136	High Outliers	1
Station Skew	1,138	Low Outliers	5
Regional Skew	---	Zero Events	0
Weighted Skew	---	Missing Events	0
Adopted Skew	0,569	Systematic Events	90

Note: Statistics and frequency curve were modified
 using conditional probability adjustment.

--- Final Results ---

<< Plotting Positions >>

VAZAO_BARRA_26_15_R12-BARRA-FLOW-PEAK

Events Analyzed				Ordered Events			
Day	Mon	Year	FLOW m3/s	Rank	Water Year	FLOW m3/s	Weibull Plot Pos
21	Abr	1926	19.997,6	1	1926	19.997,6*	1,10
21	Mar	1927	7.488,8	2	1979	18.914,1	2,20
13	Fev	1928	6.307,4	3	1992	16.190,7	3,30
15	Mar	1929	9.173,8	4	1949	15.623,4	4,40
27	Dez	1929	5.645,6	5	1946	13.025,1	5,49
09	Abr	1931	8.730,6	6	1980	12.674,9	6,59
30	Jan	1932	5.971,0	7	1943	11.346,6	7,69
02	Fev	1933	7.695,4	8	1983	11.094,4	8,79
23	Jan	1934	8.825,1	9	1990	10.649,9	9,89
01	Mar	1935	7.748,3	10	1945	9.836,9	10,99
11	Mar	1936	5.469,8	11	1982	9.746,4	12,09
24	Fev	1937	8.048,7	12	1963	9.216,0	13,19
19	Jan	1938	8.306,6	13	1929	9.173,8	14,29
25	Fev	1939	8.484,8	14	2007	9.158,8	15,38
29	Mar	1940	7.488,8	15	1985	8.956,6	16,48
19	Abr	1941	6.487,0	16	1947	8.943,9	17,58
26	Jan	1942	6.938,2	17	1952	8.857,0	18,68
06	Fev	1943	11.346,6	18	1934	8.825,1	19,78
15	Jan	1944	8.668,2	19	1931	8.730,6	20,88
05	Mai	1945	9.836,9	20	1957	8.687,5	21,98
27	Jan	1946	13.025,1	21	1944	8.668,2	23,08
13	Abr	1947	8.943,9	22	1939	8.484,8	24,18
13	Jan	1948	7.643,0	23	1986	8.447,4	25,27
01	Mar	1949	15.623,4	24	1938	8.306,6	26,37
04	Jan	1950	5.882,5	25	1968	8.175,0	27,47
10	Abr	1951	6.288,0	26	1937	8.048,7	28,57
07	Abr	1952	8.857,0	27	1935	7.748,3	29,67
03	Jan	1953	5.548,6	28	1933	7.695,4	30,77
03	Jan	1954	6.154,3	29	1966	7.694,5	31,87
06	Fev	1955	5.861,7	30	1948	7.643,0	32,97
17	Jan	1956	6.992,3	31	1960	7.557,4	34,07
07	Abr	1957	8.687,5	32	1940	7.488,8	35,16
10	Fev	1958	5.870,5	33	1927	7.488,8	36,26
17	Mar	1959	5.328,5	34	1984	7.465,1	37,36
31	Mar	1960	7.557,4	35	1993	7.381,3	38,46
13	Fev	1961	7.029,8	36	1964	7.355,8	39,56
09	Fev	1962	5.300,3	37	1970	7.323,4	40,66
26	Jan	1963	9.216,0	38	2012	7.193,0	41,76
10	Fev	1964	7.355,8	39	1981	7.038,6	42,86
29	Mar	1965	6.644,7	40	1961	7.029,8	43,96
25	Fev	1966	7.694,5	41	1956	6.992,3	45,05
07	Jan	1967	5.443,0	42	1942	6.938,2	46,15
21	Mar	1968	8.175,0	43	1994	6.774,4	47,25
18	Dez	1968	5.167,8	44	1965	6.644,7	48,35
12	Fev	1970	7.323,4	45	1941	6.487,0	49,45
23	Nov	1970	3.972,2	46	2006	6.419,1	50,55
05	Dez	1971	5.637,6	47	1975	6.346,2	51,65
11	Abr	1973	5.742,8	48	2011	6.337,8	52,75
06	Abr	1974	5.735,2	49	1991	6.328,7	53,85
16	Jan	1975	6.346,2	50	2004	6.324,1	54,95
23	Nov	1975	3.029,6	51	1928	6.307,4	56,04

13	Fev	1977	6.279,6	52	1951	6.288,0	57,14	
21	Mar	1978	6.275,9	53	1977	6.279,6	58,24	
03	Mar	1979	18.914,1	54	1978	6.275,9	59,34	
23	Fev	1980	12.674,9	55	2005	6.270,4	60,44	
11	Abr	1981	7.038,6	56	1954	6.154,3	61,54	
20	Fev	1982	9.746,4	57	1988	6.081,1	62,64	
10	Mar	1983	11.094,4	58	2014	6.049,5	63,74	
05	Jan	1984	7.465,1	59	1932	5.971,0	64,84	
23	Fev	1985	8.956,6	60	1950	5.882,5	65,93	
02	Fev	1986	8.447,4	61	1958	5.870,5	67,03	
16	Abr	1987	4.042,2	62	1955	5.861,7	68,13	
01	Jan	1988	6.081,1	63	1997	5.784,0	69,23	
02	Jan	1989	4.663,2	64	2009	5.754,8	70,33	
14	Jan	1990	10.649,9	65	1973	5.742,8	71,43	
13	Abr	1991	6.328,7	66	1974	5.735,2	72,53	
28	Fev	1992	16.190,7	67	1930	5.645,6	73,63	
10	Jan	1993	7.381,3	68	1972	5.637,6	74,73	
03	Fev	1994	6.774,4	69	1953	5.548,6	75,82	
04	Dez	1994	3.624,0	70	2003	5.484,0	76,92	
11	Jan	1996	4.999,0	71	1936	5.469,8	78,02	
24	Jan	1997	5.784,0	72	1967	5.443,0	79,12	
04	Mar	1998	4.761,9	73	2000	5.442,8	80,22	
15	Mar	1999	4.994,6	74	1959	5.328,5	81,32	
28	Mar	2000	5.442,8	75	1962	5.300,3	82,42	
26	Dez	2000	4.689,9	76	1969	5.167,8	83,52	
30	Jan	2002	4.962,1	77	1996	4.999,0	84,62	
31	Jan	2003	5.484,0	78	1999	4.994,6	85,71	
08	Mar	2004	6.324,1	79	2002	4.962,1	86,81	
31	Jan	2005	6.270,4	80	1998	4.761,9	87,91	
02	Jan	2006	6.419,1	81	2001	4.689,9	89,01	
12	Mar	2007	9.158,8	82	2010	4.682,0	90,11	
16	Fev	2008	4.330,5	83	1989	4.663,2	91,21	
17	Jan	2009	5.754,8	84	2013	4.573,9	92,31	
11	Jan	2010	4.682,0	85	2008	4.330,5	93,41	
05	Abr	2011	6.337,8	86	1987	4.042,2*	94,51	
03	Fev	2012	7.193,0	87	1971	3.972,2*	95,60	
09	Fev	2013	4.573,9	88	1995	3.624,0*	96,70	
04	Jan	2014	6.049,5	89	1976	3.029,6*	97,80	
20	Fev	2015	2.897,7	90	2015	2.897,7*	98,90	

* Outlier

<< Skew Weighting >>

 Based on 90 events, mean-square error of station skew = 0,149
 Mean-square error of regional skew = -?

<< Frequency Curve >>

VAZAO_BARRA_26_15_R12-BARRA-FLOW-PEAK

Computed Curve FLOW, m3/s	Expected Probability	Percent Chance Exceedance	Confidence Limits 0,05 0,95 FLOW, m3/s	
26.729,8	---	0,2	32.567,2	22.865,1
21.889,2	---	0,5	25.969,4	19.110,9
18.746,6	---	1,0	21.794,8	16.622,6
15.986,3	---	2,0	18.211,8	14.395,1
12.834,7	---	5,0	14.237,1	11.789,0
10.762,5	---	10,0	11.709,8	10.024,0
8.899,8	---	20,0	9.519,4	8.382,5
6.616,6	---	50,0	6.995,0	6.247,7
5.331,6	---	80,0	5.669,2	4.972,1
4.899,7	---	90,0	5.234,8	4.535,8
4.629,3	---	95,0	4.964,6	4.262,0
4.277,8	---	99,0	4.614,3	3.906,0

<< Synthetic Statistics >>

VAZAO_BARRA_26_15_R12-BARRA-FLOW-PEAK

Log Transform: FLOW, m3/s		Number of Events	
Mean	3,845	Historic Events	0
Standard Dev	0,139	High Outliers	1
Station Skew	1,075	Low Outliers	5
Regional Skew	---	Zero Events	0
Weighted Skew	---	Missing Events	0
Adopted Skew	1,075	Systematic Events	90

--- End of Analytical Frequency Curve ---

Note: No ordinates specified for graphical frequency curve

SERVIÇOS DE CONSULTORIA
ESTUDOS DE ENGENHARIA E TRÁFEGO

SISTEMA RODOVIÁRIO BA-052
ESTUDOS PRELIMINARES - NOVA PONTE SOBRE
RIO SÃO FRANCISCO
TOMO II – GEOLOGIA E GEOTECNIA

REVISÃO 1
ABRIL/2016

Sumário

1. Apresentação.....	5
2. Introdução.....	7
3. Compartimentação Geológica Regional	9
4. Geologia Local.....	12
5. Modelo Geológico-Geotécnico.....	16
6. Feições de Fundo e Características das Margens.....	20
7. Geofísica.....	23
7.1. Introdução	23
7.2. Sísmica	24
7.3. Eletrorresistividade.....	25
7.4. Perfilagem Acústica.....	27
7.5. Considerações Finais Sobre a Geofísica	29
8. Sondagens Executadas	31
9. Referências Bibliográficas	34

Índice de Figuras

Figura 1 - Compartimentação geológica do Brasil, em províncias estruturais (Hasui, 2012).	10
Figura 2 – Localização da área das 3 alternativas, dentro da Província São Francisco.	11
Figura 3 – Detalhe do mapa geológico Barra – Oliveira dos Brejinhos na região das 3 alternativas.	13
Figura 4 – Representações esquemáticas da evolução de um rio meandrante e a dinâmica sedimentar no interior do canal. Press et al. 2007.	14
Figura 5 – Aspecto meandrante do Rio São Francisco e locação dos poços tubulares utilizados como referência.	15
Figura 6 – Legenda adotada para os perfis geológico-geotécnicos.....	17
Figura 7 – Detalhe do DE-BA160-17-G11/001 (alternativa 1) mostrando os sedimentos aluvionares antigos (tons mais escuros de vinho e marrom), mais resistentes, por baixo dos sedimentos aluvionares recentes (tons mais claros, amarelo e laranja), menos resistentes.	18
Figura 8 – Detalhe do DE-BA160-17-G11/002 (alternativa 2) mostrando o topo dos sedimentos antigos mais alto que as demais áreas. Este topo (entre os apoios P4 e P12) corresponde a ilha Jurema. Isto indica que a ilha pode ser produto de uma área de sedimentos mais resistentes que não são erodidos pelo fluxo do rio, formando o que aparenta ser um banco de areia, mas que é uma feição constante do leito do rio.	22
Figura 9 – Valores típicos de resistividade elétrica para litologias conhecidas (a partir de dados de Orellana, 1972)	26
Figura 10 – Perfil obtido por meio de perfilagem acústica mostrando topo rochoso em 25 metros de profundidade (Souza et al. 2008).	28
Figura 11 – Perfil obtido por meio de perfilagem acústica mostrando topo rochoso em 60 metros de profundidade (Souza et al. 2008).	28

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Comparativo entre métodos sísmicos. Modificado de http://www.enviroscan.com/home/seismic-refraction-versus-reflection . Acessado em 29/03/2016.....	25
Tabela 2 – Relação de sondagens do projeto.....	32

1. Apresentação

O presente documento tem por objetivo apresentar o Produto 2B – Estudos Preliminares – Nova Ponte sobre o Rio São Francisco, TOMO II – Geologia e Geotecnia, contendo os resultados dos estudos geológicos e geotécnicos desenvolvidos no âmbito do projeto de nova ponte entre os municípios de Xique-Xique e Barra, no oeste do estado da Bahia, que visa garantir melhores condições de escoamento dos fluxos de veículos atuais e futuros neste eixo. Os estudos foram elaborados para as três alternativas de travessia propostas, conforme descritas no Produto 2B – Estudos Preliminares – Nova Ponte sobre o Rio São Francisco.

A International Finance Corporation (IFC), entidade vinculada ao Banco Mundial, focada no desenvolvimento do setor privado, conjuntamente com o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES, uniu esforços com o Estado da Bahia para a estruturação, elaboração de licitação e contratação de uma Concessão/PPP com vistas à operação, recuperação e manutenção do Sistema Rodoviário BA-052, composto por trechos rodoviários que promovem a ligação de Feira de Santana, importante polo urbano, econômico, financeiro, político e cultural da Bahia, com o interior noroeste do estado.

Para os estudos nas áreas de engenharia e tráfego, a IFC contratou a empresa Vetec Engenharia Ltda., conforme Contrato n.º 8005359. Os trabalhos têm por objetivo principal melhorar as condições das rodovias que integram o sistema, visando maior conforto e segurança aos usuários e redução dos custos de transporte, através da minimização dos tempos de viagem e dos custos operacionais associados (combustível, manutenção dos veículos), bem como da redução do número de acidentes, decorrentes da melhoria das características físicas das rodovias de projeto, contribuindo assim para a dinamização econômica e desenvolvimento regional.

O Sistema Rodoviário BA-052 é composto por quatro segmentos de rodovias estaduais (BA-052, BA-148, BA-160 e BA-432), totalizando aproximadamente 688 km de extensão, onde serão desenvolvidos estudos e pesquisas com o propósito de caracterizar a situação física, funcional e operacional do sistema.

Serão abordados, neste relatório, os seguintes tópicos:

- Mapeamento geológico-geotécnico do projeto;
- Programação de investigações ao longo das 3 alternativas de travessia sobre o Rio São Francisco;
- Informações obtidas pelas investigações executadas (sondagens mecânicas, percussões e rotativas e levantamento geofísico);
- Modelo geológico-geotécnico elaborado para o local de estudo, que balizou a elaboração dos perfis geológico-geotécnicos.

2. Introdução

Um modelo geológico é fundamental para qualquer projeto de engenharia, e é elaborado de acordo com as necessidades de cada projeto, devendo responder as perguntas que este projeto impõe (Parry et al., 2014). O modelo define as características geológicas básicas do local de projeto, devendo ser refinado a medida que as investigações e o projeto evoluem, de modo a refletir o grau do conhecimento que está disponível. Mesmo em fases iniciais, o modelo pode evitar mudanças drásticas de projeto, pois já é possível eliminar certas hipóteses e ao mesmo tempo deixar em aberto outras. Por exemplo, é possível estimar que em determinado trecho podem ocorrer aluviões recentes compostos por argilas orgânicas com baixa capacidade de suporte (solos moles).

Um modelo bem feito e estudado reduz o grau de incertezas mesmo com pouca ou nenhuma investigação executada, pois já se reduzem as possibilidades do tipo de material que pode ocorrer, com base na história geológica do local.

O procedimento adotado para os estudos geológicos foi executado conforme a ordem abaixo:

- Coleta de dados na literatura, dados de poços tubulares e mapas geológicos disponíveis;
- Elaboração de modelo e compartimentação geológica inicial;
- Elaboração de programação de investigações e ensaios;
- Início das investigações. Com os resultados das primeiras investigações em mãos, foi possível iniciar a elaboração do perfil geológico, e também iniciar o refino da compartimentação geológica.
- Finalização das investigações;
- Finalização da compartimentação geológica e perfil geológico.

Portanto, é elaborado um modelo geológico inicial, sobre o qual se programam as investigações. Este mesmo modelo é depois revisado e melhorado com os dados

destas mesmas investigações, em um processo contínuo dependendo da fase de projeto e duração de cada fase.

É apresentado neste relatório um panorama geral da geologia da região, com o consequente modelo geológico-geotécnico (item 4 e item 5), para depois apresentar a programação de investigações e ensaios, com os devidos critérios (Tomo III – Sondagens Executadas), e finalmente o mapa geológico e os perfis geológico-geotécnicos (Anexos 1 a 5).

3. Compartimentação Geológica Regional

A área das três alternativas em estudo está localizada dentro do domínio da Província São Francisco ou Cráton do São Francisco. No local específico do estudo, ocorrem as coberturas Fanerozóicas (mais recentes que 545 milhões de anos), representadas pelos sedimentos aluvionares recentes e antigos do rio São Francisco (Figura 1; em azul, detalhe da área de projeto).

A compartimentação geológica adotada como base para o projeto é a proposta por Hasui (2012), em que os compartimentos de todo o Brasil são divididos em províncias estruturais, segundo o tipo de origem e história geológica (Figura 2).

O resultado prático deste contexto geológico é que a região apresenta amplas planícies ao longo das duas margens do rio São Francisco, onde ocorrem basicamente sedimentos arenosos e argilosos, com canais secundários (que enchem durante as cheias) e meandros abandonados.

Os detalhes da geologia local serão apresentados no item a seguir.



Figura 1 - Compartimentação geológica do Brasil, em províncias estruturais (Hasui, 2012).

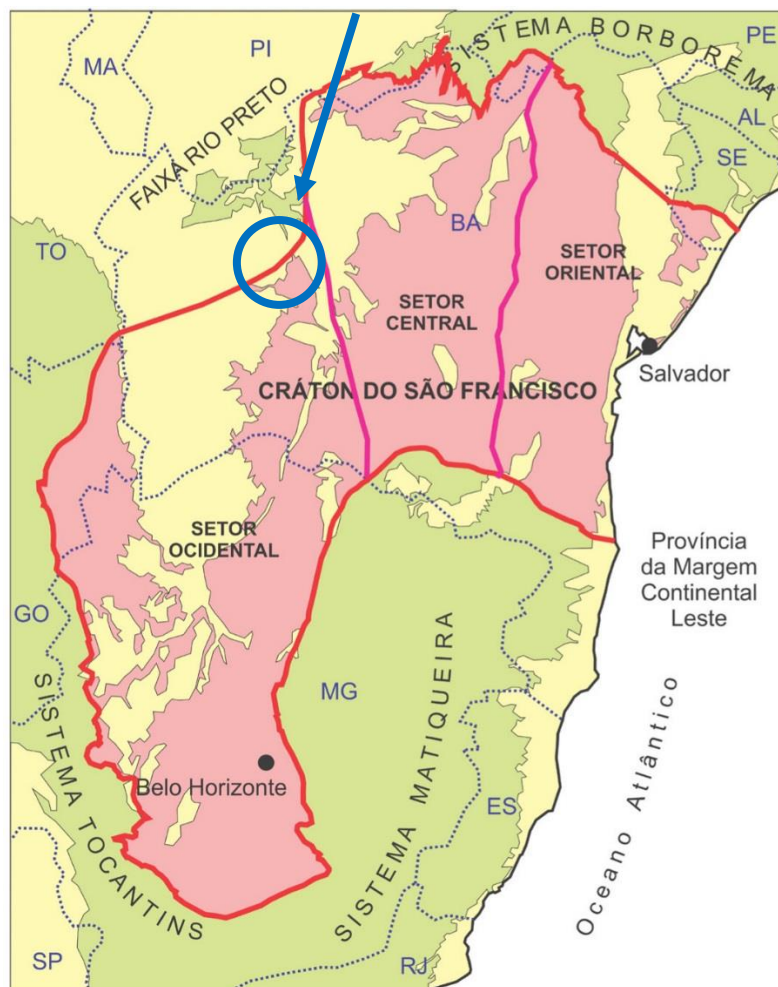


Figura 2 – Localização da área das 3 alternativas, dentro da Província São Francisco.

4. Geologia Local

Algumas características geológicas locais foram apresentadas brevemente no item 5.2.3, do Produto 1B - Planejamento das Atividades de Campo de Engenharia, de Tráfego e Ponte. Estas mesmas características são apresentadas aqui novamente, no contexto dos estudos geológico-geotécnicos executados.

De acordo com o mapa geológico Barra – Oliveira dos Brejinhos (Figura 3), no local das 3 alternativas ocorrem sedimentos aluvionares do rio São Francisco a até 60 km para leste (partindo de Barra) e até 30 km para oeste (também partindo de barra), configurando uma planície aluvionar larga e que indica espessura de sedimentos de até dezenas de metros. As principais unidades geológicas na região são descritas a seguir:

1. N4a2: Depósitos aluvionares recentes: areia com intercalações de argila e cascalho, restos de matéria orgânica.
2. N4a1: Depósitos aluvionares antigos: areia com intercalações de argila e cascalho, restos de matéria orgânica.
3. N3dl: Depósitos detrito-lateríticos: areia, argila, cascalho e crosta laterítica (altitudes entre 420 e 700 m).

Como pode ser observado em imagens de satélite (Figura 5), o rio São Francisco, nesta região, apresenta aspecto meandrante, ou seja, o rio “serpenteia” pela planície. Este tipo de rio ocorre em regiões de gradiente muito baixo, portanto a água não tem um caminho preferencial, deixando canais e meandros abandonados (também visíveis na Figura 3) à medida que o rio evolui (Figura 4). Este tipo de rio em geral indica que possam ocorrer dezenas de metros de sedimentos aluvionares.

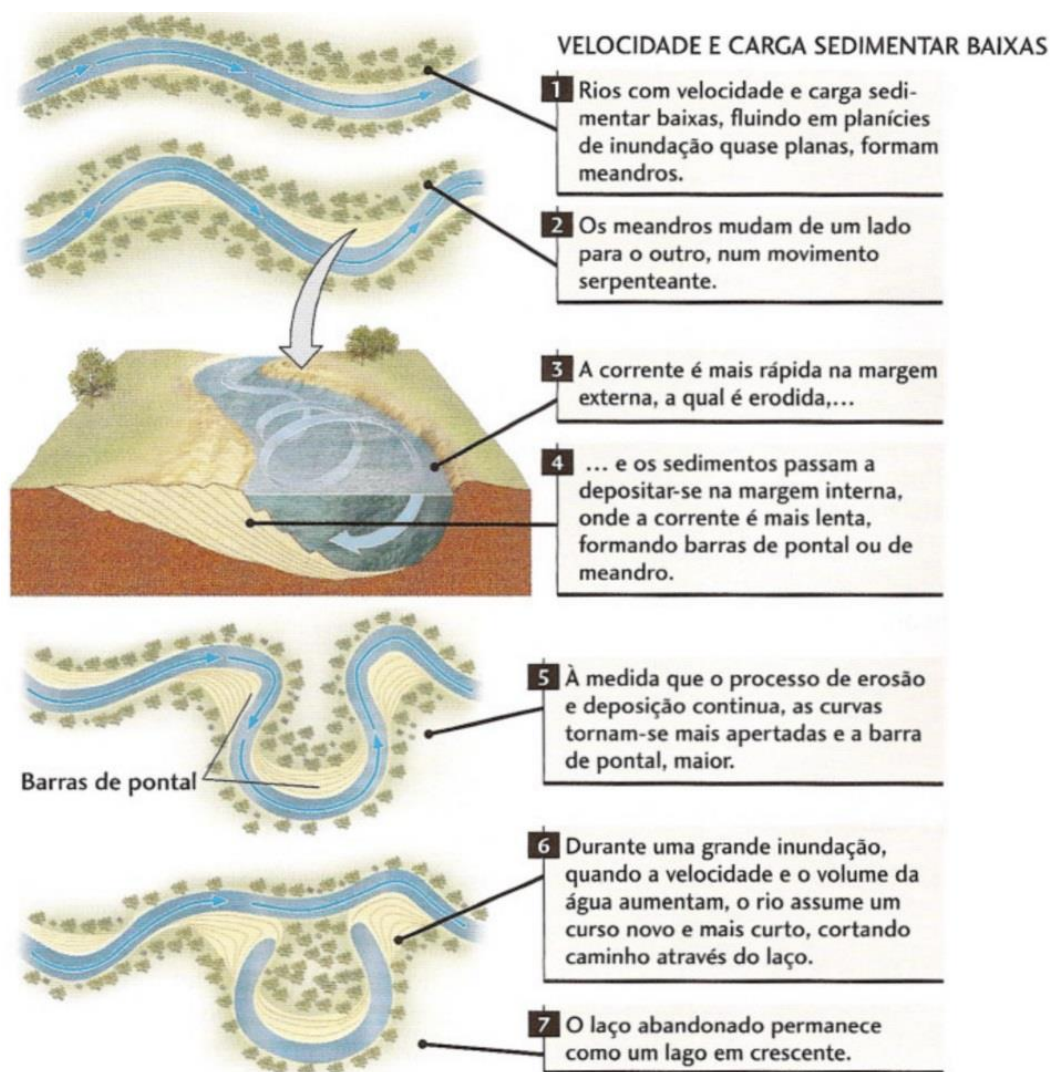


Figura 4 – Representações esquemáticas da evolução de um rio meandrante e a dinâmica sedimentar no interior do canal. Press et al. 2007.

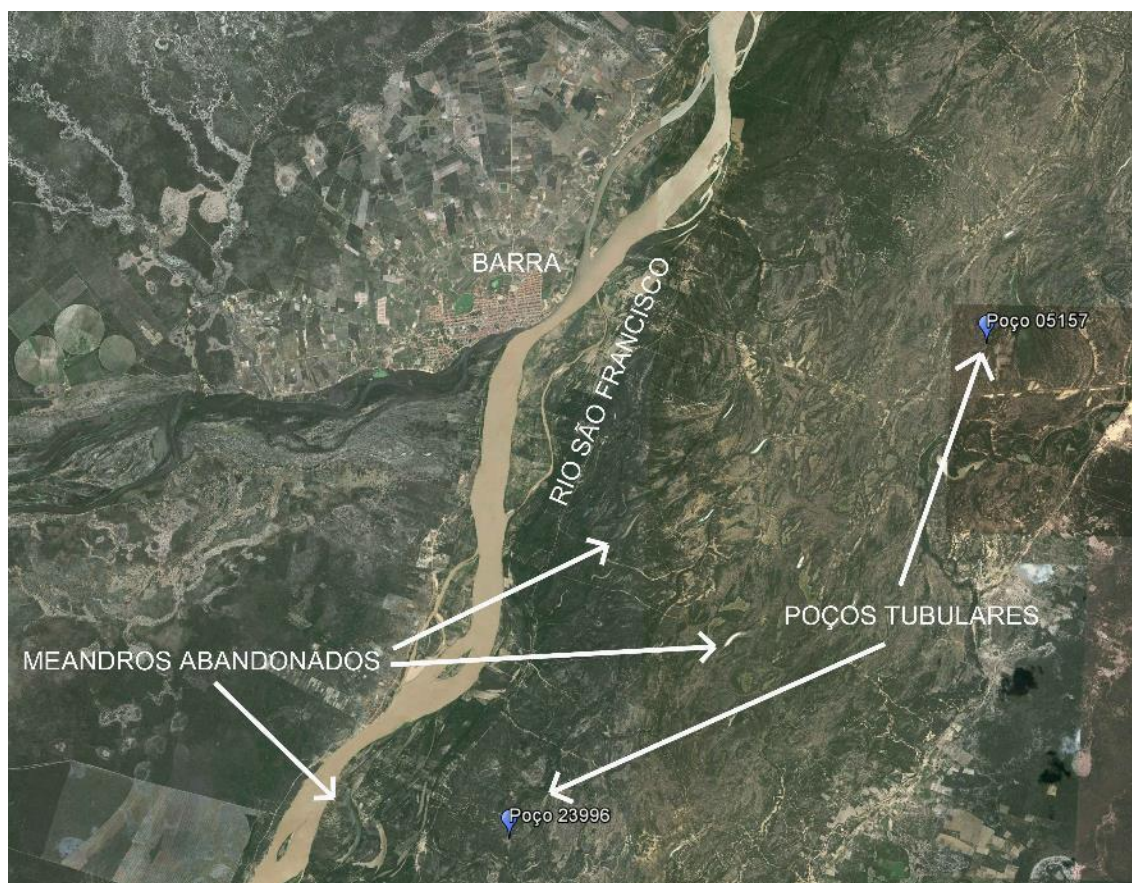


Figura 5 – Aspecto meandrante do Rio São Francisco e localização dos poços tubulares utilizados como referência.

Para obtenção dos dados de poços subterrâneos, foi consultada a rede SIAGAS da CPRM. Esta rede contém dados de poços tubulares perfurados na região, bem como uma breve descrição do material encontrado na perfuração. Os dois poços mais próximos (8 e 12 km aproximadamente, ver Figura 5), apresentam sedimentos areno-argilosos até profundidades de 40 e 60 m, provavelmente material de aluvião do rio São Francisco, confirmando o que indica o aspecto meandrante do rio.

Estes poços, apesar de distantes alguns quilômetros, situam-se no mesmo contexto geológico, ao longo da planície do rio São Francisco, que tem dezenas de quilômetros de largura e centenas de extensão.

Os perfis completos dos poços são apresentados no Anexo 6.

5. Modelo Geológico-Geotécnico

Um modelo geológico-geotécnico representa a distribuição tridimensional dos diferentes tipos de solos e rochas. A representação deste modelo se dá por meio de perfis e plantas, que, utilizando-se dos dados das investigações executadas, compõem a visão tridimensional da geologia da área estudada.

Os Anexos 1 a 4 apresentam os perfis geológico-geotécnicos e o Anexo 5 apresenta a planta de locação de sondagens sobre o mapa geológico. As sondagens executadas encontram-se no Tomo III.

Foi observado que na região estudada ocorrem apenas os sedimentos aluvionares recentes e antigos (confirmados pelos dados das sondagens, Tomo III), uma vez que os depósitos detrítico-lateríticos ocorrem em cotas mais altas que 420 m, e as cotas no local variam até no máximo 406-407 m. Os sedimentos antigos são mais resistentes e ocorrem por baixo dos sedimentos recentes, o que foi evidenciado pelos perfis geológicos (apresentados nos Anexos 2 a 5).

Portanto, o modelo geológico-geotécnico apresentado é composto por duas unidades geológico-geotécnicas principais: sedimentos aluvionares recentes e sedimentos aluvionares antigos. Os sedimentos recentes foram separados em camadas com $N_{SPT} \leq 5$ e $N_{SPT} > 5$. Os sedimentos antigos foram divididos em camadas com $N_{SPT} > 30$, entre 30 e 45 e acima de 45. Ocorrem ainda camadas de sedimentos grossos (cascalhos) na interface entre os sedimentos antigos e os recentes, e também em meio aos sedimentos recentes.

A legenda dos perfis é apresentada na Figura 6.

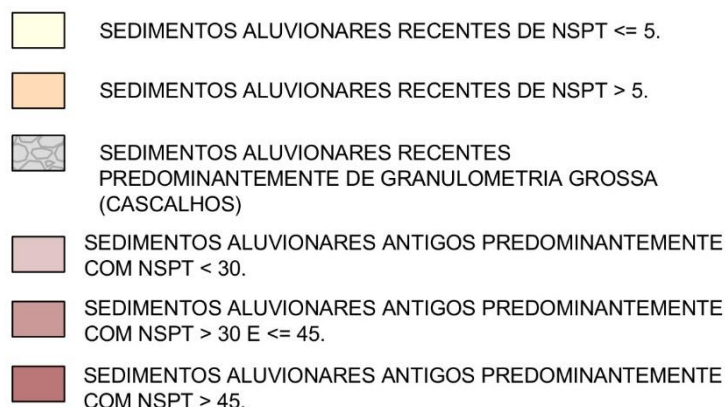


Figura 6 – Legenda adotada para os perfis geológico-geotécnicos.

Os dados dos poços tubulares apresentados no item anterior foram confirmados pelas sondagens, pois a sondagem mais profunda (SP-12), atingiu 40,45 m de profundidade e ainda assim não atingiu o embasamento cristalino ou qualquer tipo de rocha mais resistente

Desta forma, com o modelo geológico-geotécnico é possível visualizar no perfil tanto a geologia local, com a história de sedimentação do rio São Francisco, como as características geotécnicas (capacidade de suporte dos sedimentos) que tem impacto direto na profundidade de base das fundações das OAEs em estudo (

Figura

7).

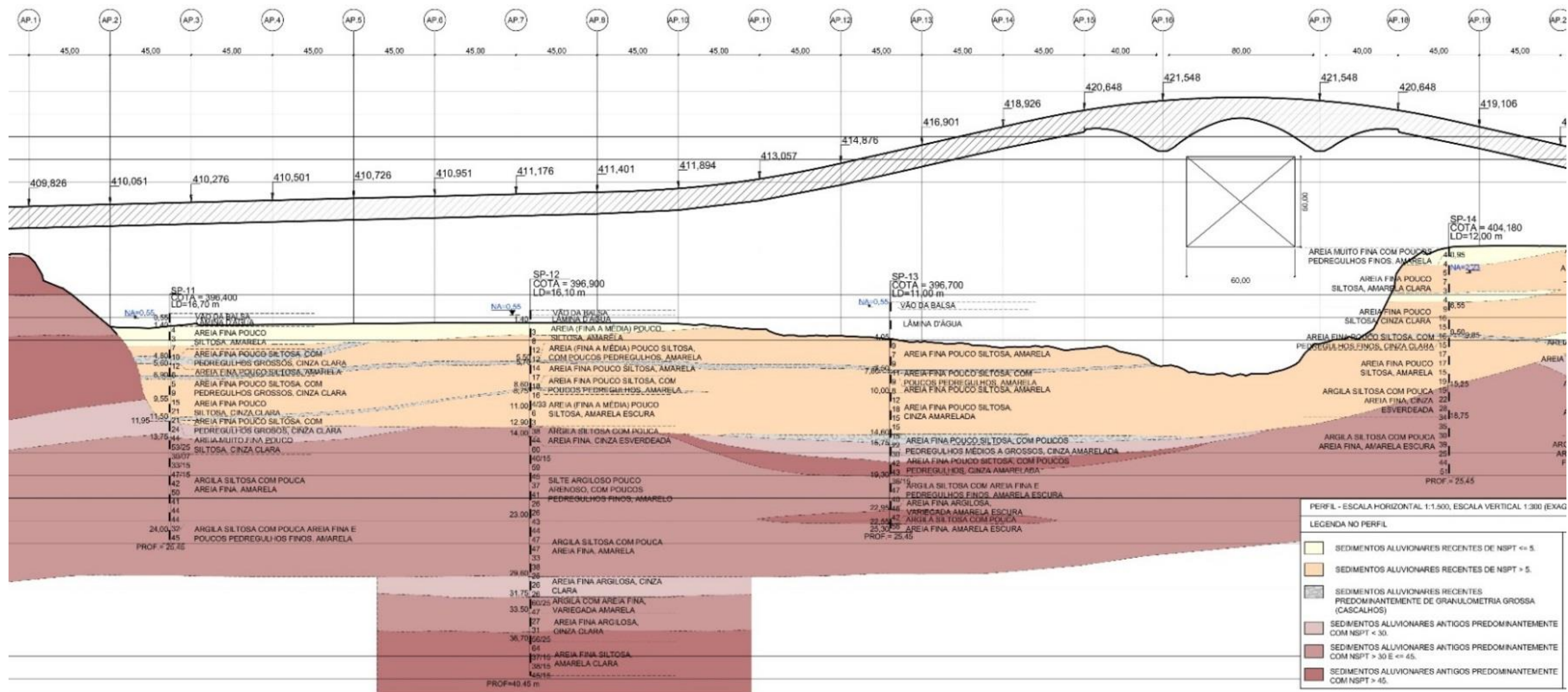


Figura 7 – Detalhe do DE-BA160-17-G11/001 (alternativa 1) mostrando os sedimentos aluvionares antigos (tons mais escuros de vinho e marrom), mais resistentes, por baixo dos sedimentos aluvionares recentes (tons mais claros, amarelo e laranja), menos resistentes.

No caso, conclui-se que para as 3 alternativas, o contexto geológico é semelhante: camadas de sedimentos areno-argilosos recentes, de N_{SPT} até 20, com no máximo 15 metros de espessura. Estes sedimentos recentes estão sempre sobrepostos aos sedimentos antigos, de N_{SPT} a partir de 20-25 golpes, em geral. Para estes sedimentos antigos, não foi encontrado o respectivo embasamento rochoso, sendo que o topo rochoso provavelmente se encontra abaixo de 40 m de profundidade para a maior parte da área em questão.

Portanto, do ponto de vista geológico-geotécnico, as 3 alternativas são equivalentes, em relação às condições para as fundações para as OAEs, pois estas, qualquer que seja a alternativa, devem sempre buscar os sedimentos antigos. Com relação aos aterros de encontro e aterros do sistema viário de acesso, também não foram observadas áreas que possam exigir tratamentos de fundações (o que poderia inviabilizar economicamente uma das alternativas).

A conclusão é que outros fatores irão definir a escolha da alternativa a ser executada, como fatores hidrológicos, econômicos (custo para cada OAE, uma vez que as extensões são diferentes, custo para transporte de material, visto que as alternativas 2 e 3 exigirão maiores extensões de aterros, custo de desapropriações etc) e ambientais (as alternativas 2 e 3 representariam intervenções antrópicas em áreas sem obras de engenharia atualmente).

6. Feições de Fundo e Características das Margens

Foram observadas algumas feições da dinâmica do rio São Francisco na região das 3 alternativas que serão discutidas a seguir: prolongamento da ilha Jurema, formato da calha principal do rio e características das margens.

A ilha Jurema, localizada na região da Alternativa 2 (entre os apoios P4 e P12, portanto mais próxima da margem esquerda) é uma feição constante do canal do rio São Francisco no local. Provavelmente a presença da ilha neste local se deve ao topo dos sedimentos mais resistentes neste ponto (Figura 8), em conjunto com outros fatores como o curso do rio, que faz uma série de curvas para o lado direito nesta região.

Porém, a extensão da ilha no sentido longitudinal do rio não é constante, podendo ser maior ou menor para jusante (sentido sul) dependendo das cheias do rio. Durante parte dos trabalhos de campo deste estudo, em janeiro de 2016, a ilha Jurema se prolongava até a alternativa 1 (um aumento de centenas de metros), e sua largura também era maior na ordem de alguns metros. Portanto, é um fator que deve ser levado em conta nas fases posteriores de projeto para a alternativa escolhida, incluindo o planejamento das obras, pois pode influenciar a logística de construção.

Em termos de formato da calha principal do rio São Francisco, foi observado tanto no levantamento batimétrico quanto na geofísica, que a porção mais profunda do canal do rio se encontra mais próxima da margem direita, e não no eixo do rio (ver

Figura 7). Isso indica que a parte do rio onde está ocorrendo erosão do fundo está mais próximo da margem direita (ver Figura 4).

Com relação às margens, foi observado que as margens do lado esquerdo são compostas pelos sedimentos antigos, de maior resistência. Portanto são mais resistentes à erosão. As margens do lado direito são compostas pelos sedimentos menos resistentes, e, portanto, mais sujeitas à erosões.

Portanto, recomenda-se, para as fases futuras do projeto, estudos de campo para determinar as taxas de erosão ao longo da margem direita do rio, que aparentemente é mais vulnerável.

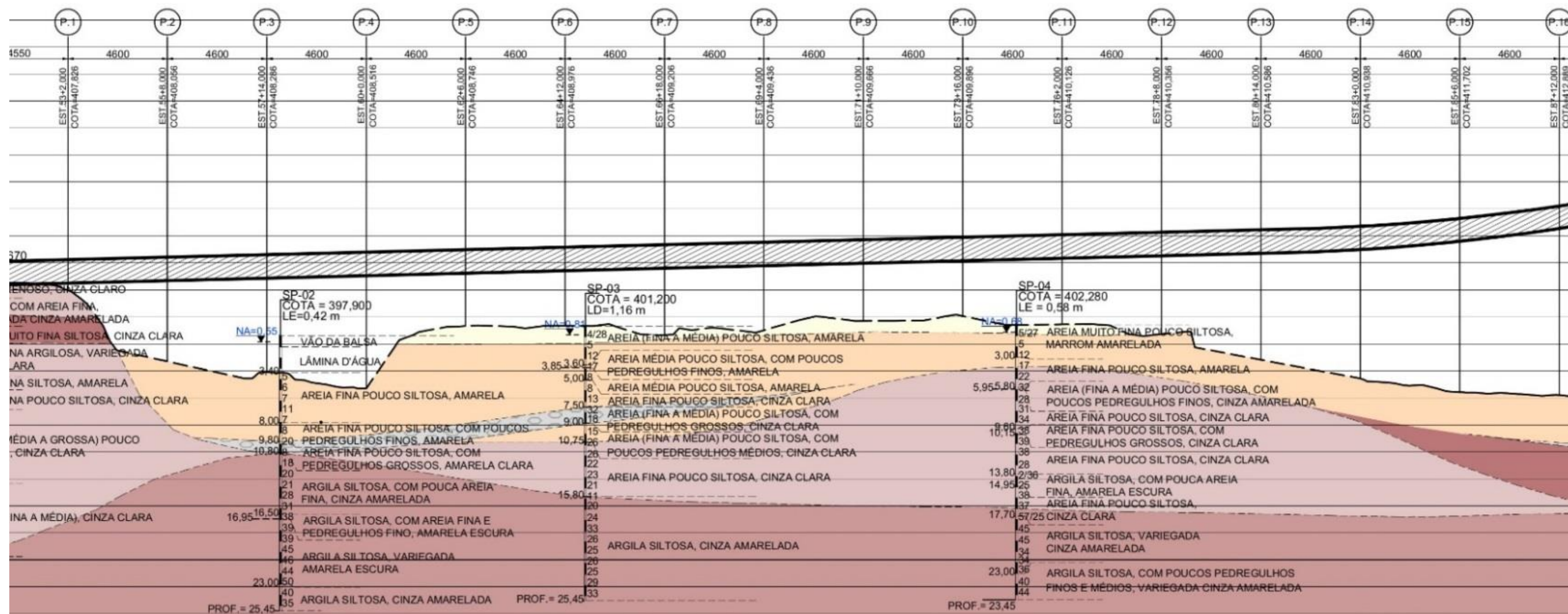


Figura 8 – Detalhe do DE-BA160-17-G11/002 (alternativa 2) mostrando o topo dos sedimentos antigos mais alto que as demais áreas. Este topo (entre os apoios P4 e P12) corresponde a ilha Jurema. Isto indica que a ilha pode ser produto de uma área de sedimentos mais resistentes que não são erodidos pelo fluxo do rio, formando o que aparenta ser um banco de areia, mas que é uma feição constante do leito do rio.

7. Geofísica

O relatório técnico dos levantamentos geofísicos foi apresentado no produto 2A – Tomo III, de fevereiro de 2016. Neste relatório serão apresentadas considerações e discussões adicionais.

7.1. Introdução

O método geofísico utilizado nas investigações anteriores às sondagens mecânicas (sondagens a percussão e sondagens rotativas) foi escolhido com base nas características geológicas do local, obtidas a partir de mapa geológico, dados de poços tubulares (poços para águas subterrâneas) e imagens de satélite, além de informações e estudos sobre o método disponíveis na literatura. Estas características geológicas foram apresentadas no item 5.2.3, do Produto 1B-Planejamento das Atividades de Campo de Engenharia, e no item 4 deste relatório.

É importante ressaltar que, por se tratar de método de investigação indireta (não permite contato visual ou tátil com o material investigado), nenhum método geofísico pode ser utilizado como fonte definitiva de informações, e nem é possível esgotar as possibilidades de investigação, por mais métodos geofísicos que se utilize. A geofísica funciona, de forma ideal, como uma prévia para que se possa programar com mais precisão as investigações diretas.

De acordo com o Termo de Referência (item 4.2 – IX), a geofísica na área deveria ser executada para identificação de possíveis “vazios” na rocha ou cavernas, e que o método utilizado deveria ser o de sísmica de refração ou eletrorresistividade.

Cavernas ou cavidades ocorrem predominantemente em rochas calcárias, e raramente em rochas cristalinas, como granitos, gnaisses e rochas resistentes como quartzitos. Ocorrem ainda em regiões de lava. Na região ocorrem sedimentos aluvionares recentes e neógenos (idade até 23 milhões de anos), compostos por areias, argilas e cascalhos, produtos dos processos sedimentares do rio São Francisco. Estes sedimentos em geral são compostos por minerais resistentes aos processos químicos do intemperismo, como o quartzo (SiO_2).

Nas rochas calcárias, onde as cavernas se formam preferencialmente, o processo de formação ocorre principalmente por dissolução da rocha, pela percolação de água com ácidos orgânicos, gerando um relevo característico chamado de carste. Esta dissolução ocorre pela presença de minerais solúveis nas rochas calcárias, como calcita (CaCO_3) e dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$).

Portanto, exclui-se a possibilidade de existência de cavernas na região, devido à presença de sedimentos (inconsolidados a consolidados, dos aluviões do rio São Francisco) que não são formados por minerais solúveis.

A seguir são feitas análises dos dois métodos sugeridos pelo Termo de Referência.

7.2. Sísmica

A finalidade dos ensaios sísmicos de refração (Kearey, 2002) é a obtenção de um modelo de camadas de velocidades de propagação de ondas sísmicas, que forneça uma aproximação dos parâmetros geotécnicos do meio, sendo que essa modelagem não tem relação alguma com a detecção de cavidades no subsolo.

Por outro lado, quando se faz necessário o mapeamento do topo rochoso, os ensaios de refração sísmica de alta resolução em superfícies submersas são realizados utilizando-se, tipicamente, arranjos de hidrofones (streamers) da ordem de 150 a 200 m de comprimento, rebocados a uma profundidade de 2 a 3 m. Dessa maneira, as características topobatimétricas do local estudado (profundidades muitas vezes menores que 1 metro) inviabilizariam um ensaio sísmico de refração.

Existe ainda um segundo fator que torna inócua a aplicação deste método: para que as ondas sísmicas alcancem os hidrofones mais afastados da fonte, após seu percurso pelo substrato, há necessidade de se utilizar uma fonte sísmica de relativa alta energia ($> 1 \text{ kJ}$). Porém, devido à pouca espessura da lâmina d'água, essa energia criaria um trem de reflexões múltiplas que acabariam mascarando o sinal acústico de interesse.

Na Tabela 1, tem-se um comparativo entre o método sísmico de refração, e o de reflexão monocanal (perfilagem acústica) utilizado.

Tabela 1 - Comparativo entre métodos sísmicos. Modificado de
<http://www.enviroscan.com/home/seismic-refraction-versus-reflection>. **Acessado em 29/03/2016**

Comparação de métodos sísmicos		
	Refração	Reflexão
Finalidade típica	Modelagem da variação de densidade em camadas sub-horizontais	Detecção de contrastes de densidade horizontais ou mergulhantes, mapeamento de descontinuidades laterais.
Condições da área de estudo requeridas	Áreas com extensão maior que 5 vezes a profundidade de investigação	Nenhuma em particular
Resolução vertical	10% a 20% da profundidade de investigação	¼ do comprimento de onda do sinal
Resolução lateral	½ do espaçamento entre hidrofones	Tipicamente de 30 cm
Profundidade efetiva de investigação	Dependente da geologia do local: 1/5 a 1/4 do máximo afastamento entre a fonte e os hidrofones	Dependente da geologia do local: até 80 m

A partir da análise da Tabela 1 anteriormente apresentada, é possível concluir que além das limitações que a área de estudo impõe à aplicação do método de refração, a própria geometria de aquisição limita tanto a profundidade máxima de investigação, quanto a resolução do método, além da não ser adequado aplicar o método de refração para o mapeamento de cavidades.

7.3. Eletorresistividade

A eletorresistividade também é citada no Termo de Referência, porém, existe uma ambiguidade que é inerente ao próprio método. Esta ambiguidade se deve à sobreposição nos valores da resistividade elétrica dos diferentes materiais, como observado na Figura 9.

No caso do presente estudo, o Rio São Francisco corre sobre seus próprios depósitos formados principalmente por areias e argilas, cujo contraste de resistividade elétrica é semelhante ao da argila e o granito, por exemplo. Assim, seria provável efetuar uma interpretação enganosa dos perfis geoeletricos.

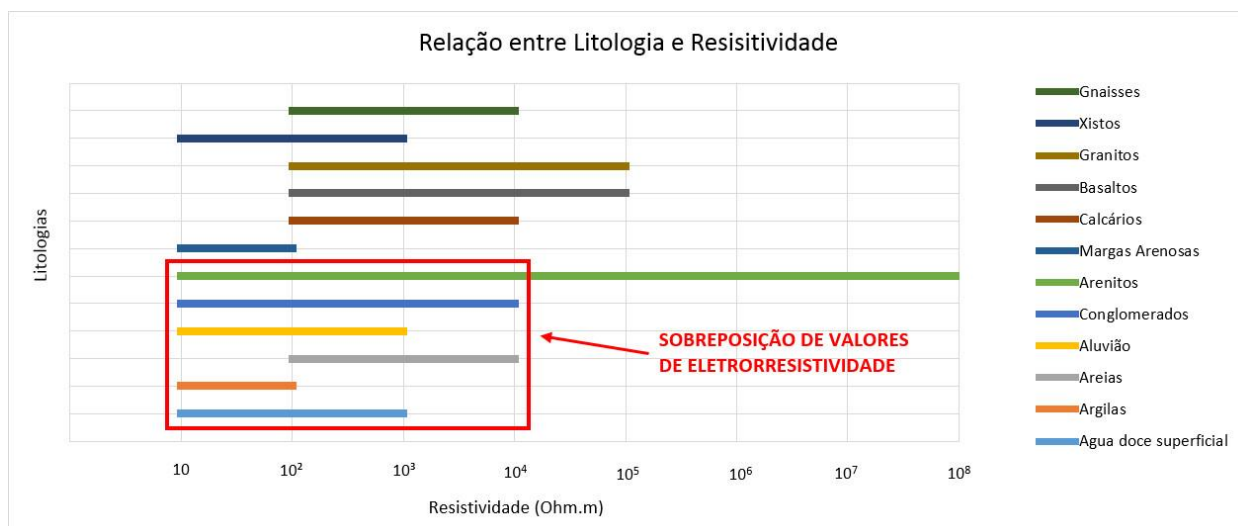


Figura 9 – Valores típicos de resistividade elétrica para litologias conhecidas (a partir de dados de Orellana, 1972)

Além do fator citado, as duas técnicas disponíveis para utilizar este método apresentam dificuldades operacionais para execução, listadas abaixo.

1. Rebocando um cabo multieletrodos na superfície da água (Orlando, 2013)

Esta técnica de aquisição de dados de eletrorresistividade ainda é considerada não-convencional, e os arranjos de campo disponíveis no mercado não atingiram o estágio de desenvolvimento dos arranjos empregados na exploração geofísica terrestre. O arranjo consiste em um cabo multieletrodos de 70 m de comprimento, o que permite uma profundidade máxima de investigação em torno de 15 m, longe da profundidade esperada para o embasamento rochoso na região de estudo.

2. Assentando um cabo multieletrodos na superfície do fundo (Apostolopoulos et al., 2007)

Esta técnica também sofre das mesmas limitações que a anterior: não atinge a profundidade de investigação desejada (a profundidade máxima de investigação com este arranjo é de aproximadamente 40 m e as sondagens mostram a presença de argila nessa profundidade). Ao mesmo tempo, o espaçamento entre os eletrodos (15 m) não fornece a resolução lateral necessária para o mapeamento de cavidades.

Desta forma, foi necessária a avaliação de outros métodos geofísicos para investigar a região.

7.4. Perfilagem Acústica

Para áreas submersas rasas (poucos metros de profundidade), Souza (2006) e Souza et al. (2008) deixam claro que os métodos com maior chance de sucesso e os mais consolidados na literatura técnica nacional e internacional são os métodos sísmicos. E o método sísmico para este tipo de ambiente é a perfilagem acústica.

A perfilagem acústica tem boa penetração (profundidade atingida) e resolução (qualidade dos dados), permitindo estudos de localização do topo rochoso e identificação dos estratos sedimentares, os dois objetivos principais em estudos de fundações para obras de arte especiais.

Os estudos citados apresentam casos de identificação de topo rochoso em profundidades de até 25-30 m de profundidade (a partir do fundo do rio/lago), chegando em alguns casos a 40-60 m de profundidade. Portanto, atingem as profundidades que eram esperadas para o topo rochoso, de acordo com os dados de poços tubulares existentes.

Como exemplo, seguem alguns perfis sísmicos apresentados na literatura técnica de geofísica.

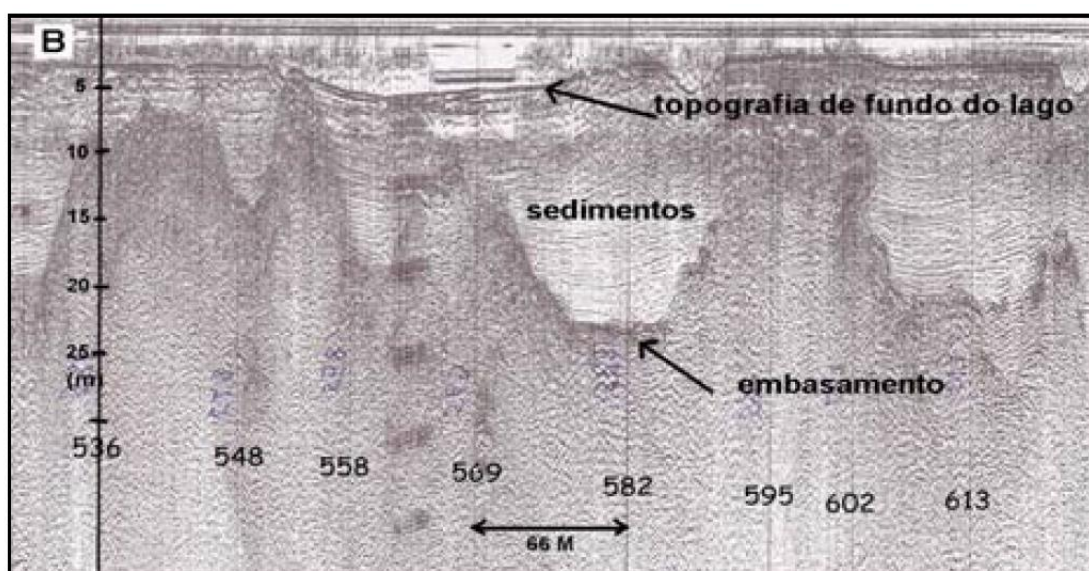


Figura 10 – Perfil obtido por meio de perfilagem acústica mostrando topo rochoso em 25 metros de profundidade (Souza et al. 2008).

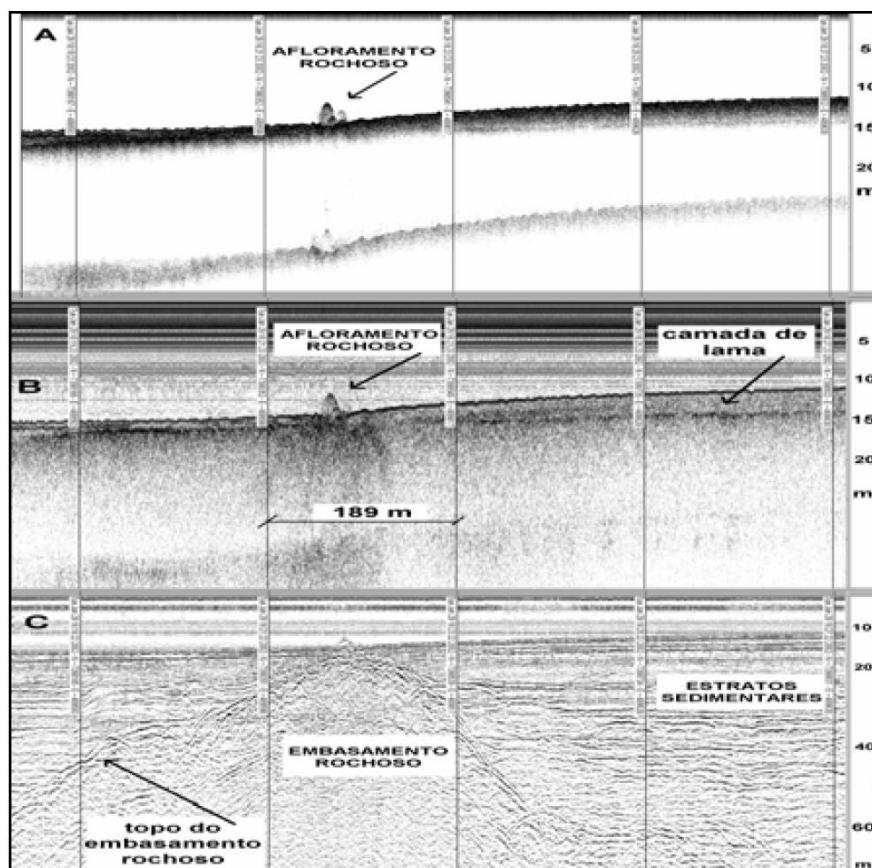


Figura 11 – Perfil obtido por meio de perfilagem acústica mostrando topo rochoso em 60 metros de profundidade (Souza et al. 2008).

Para o estudo do local em questão, a perfilagem acústica não atingiu o topo rochoso, mesmo utilizando-se fontes de energia combinadas (alta e baixa frequência de emissão de ondas acústicas). Os principais fatores foram a pouca espessura de lâmina d'água, a presença de camadas de sedimentos resistentes próximas da superfície e a profundidade do topo rochoso estar situada abaixo de 40 metros.

A lâmina d'água no momento do levantamento geofísico, era de menos de 1 m em vários locais do rio, devido à época de seca (NA aproximadamente na cota 397 m, sendo que nas cheias o NA atinge a cota de 402 a 404 m). Nos estudos que constam na literatura, em geral a lâmina d'água é de poucos metros a até dezenas de metros, gerando bons resultados.

Com uma espessura de lâmina d'água menor que 1 m, as ondas acústicas que são refletidas no primeiro momento (pelo fundo do rio), são novamente refletidas pela interface água-ar e de volta para o fundo do rio, em um processo contínuo até que a energia seja dissipada. Estas múltiplas reflexões causam ruídos muito fortes nos sinais captados, dificultando ou mesmo impossibilitando a interpretação dos outros sinais captados.

As camadas resistentes próximas da superfície foram confirmadas pelas sondagens, sendo atingidas camadas de NSPT acima de 30, ou até acima de 50, a partir de 3 metros de profundidade. Estas camadas resistentes geram o mesmo efeito descrito para o fundo do rio: refletem boa parte da energia em um processo contínuo até a dissipação da energia, impossibilitando que as ondas acústicas penetrem profundidades maiores, e ao mesmo tempo gerando ruído no sinal recebido.

Estes dois fatores combinados impossibilitaram as ondas acústicas de penetrar mais do que 5-6 metros com qualidade.

Uma das sondagens (SM-12) perfurou 40,45 m de sedimentos, sem atingir topo rochoso. Portanto, o topo rochoso provavelmente se encontra abaixo de 40 metros de profundidade, e esta é uma característica geológica que, em combinação com os fatores citados nesta condição específica, dificultou sua detecção pela perfilagem acústica.

7.5. Considerações Finais Sobre a Geofísica

Com relação à metodologia empregada para os Estudos Geofísicos desenvolvidos em termos dos levantamentos e análises, a mesma forneceu resultados que refletem a geologia local, ou seja, a existência de uma interface litológica pouco profunda composta por material de granulometria grossa (cascalho) ou muito compacta (altos valores de NSPT), corroborada pelas sondagens mecânicas.

O fato de não ter sido mapeado o topo do embasamento rochoso não deve ser atribuído a deficiências metodológicas, ressaltando ainda, que no presente estudo foram utilizadas duas fontes acústicas que juntas abrangem um espectro de frequência e de energia (0,2 kHz a 9 kHz/até 300 J) capazes de fornecer tanto

penetração no substrato, quanto resolução espacial das diferentes litologias. No caso, as características geológicas próprias do local de estudo (embasamento a mais de 50, 60 metros de profundidade) contribuíram para a dificuldade em encontrar esta interface.

O fato de que a geofísica não ultrapassou 5-6 metros de profundidade, serviu para indicar que deveria ser utilizada, de início, o método da sondagem rotativa. O que foi comprovado pelas camadas de NSPT elevados. Se fossem utilizadas apenas sondagens a percussão, estas atingiriam o impenetrável a percussão em poucos metros, deixando longos trechos sem investigação.

Mesmo no caso das sondagens a percussão, foi definido (a partir da geofísica) que, caso o critério de paralisação fosse atingido nos primeiros 10 m (NSPT ≥ 50 por 5 m consecutivos), a sondagem deveria prosseguir. E de fato isto ocorreu na primeira sondagem executada, a SP-17, onde nos primeiros 5 metros o NSPT ficou acima de 59. Porém a empresa executora continuou a sondagem e atingiu materiais menos resistentes logo abaixo.

Portanto, a perfilagem acústica evidenciou a necessidade de sondagens rotativas e de flexibilizar os critérios de paralisação das sondagens a percussão, o que cumpre o papel da geofísica, de direcionar e otimizar as investigações diretas.

Como citado anteriormente, nenhum método geofísico visa esgotar as possibilidades de investigação, nem produzirá dados definitivos. O objetivo é sempre melhorar a programação de investigações diretas e complementar as informações obtidas por meio delas, no sentido de interpolar as observações pontuais (sondagens mecânicas) com alto grau de confiabilidade, mas os estudos geofísicos de modo algum dispensam as observações diretas. No caso em que a geofísica tenha dificuldade em identificar alvos preferenciais de investigação, adota-se um critério de métrica, com sondagens locadas a distâncias regulares, com base no projeto geométrico.

A metodologia utilizada foi adequada, pois foi a melhor possível tecnicamente, e orientou a campanha de investigações diretas executadas em seguida.

8. Sondagens Executadas

Neste item, serão discutidas algumas mudanças de critérios de paralisação ao longo da campanha de investigação, assim como o cancelamento de algumas sondagens.

A sondagens executadas são apresentadas no Tomo III – Sondagens Executadas, deste mesmo relatório.

Os critérios de paralisação para cada sondagem e a planilha de relação das sondagens programadas foram apresentados e discutidos no item 5.2.2 do Produto 1B – Engenharia, Tráfego e Ponte.

Mudanças de critérios, complementações e cancelamentos de sondagens são comuns em qualquer campanha de investigações, e uma boa campanha evolui e se modifica de acordo com o conhecimento geológico que evolui com a aquisição de novas informações.

Na Tabela 2 é apresentada a relação de sondagens do projeto, com a programação inicial, quais sondagens foram canceladas, e as mudanças de critério de paralisação.

SONDAGEM	ALTERNATIVA	ESTACA	FINALIDADE	DATA DE EXECUÇÃO	PROFUNDIDADE FINAL	PROFUNDIDADE ESTIMADA	NORTE (Y)	ESTE (X)	COTA (Z)	CRITÉRIO DE PARALISAÇÃO
SP-01	2	39	OAE	13/01/16	25,45	25,45	8.775.301,2646	704.667,6341	405,6700	5 m CONSECUTIVOS COM NSPT >=50/45 cm, OU IMPENETRÁVEL À LAVAGEM POR TEMPO, OU PROF. MÁXIMA DE 25,45
SP-02	2	47	OAE	CANCELADA		25,45	8.775.242,6821	704.817,1830	397,9000	
SP-03	2	54	OAE	25/01/16	25,45	25,45	8.775.188,3376	704.947,5850	401,2000	
SP-04	2	64	OAE	25/01/16	25,45	25,45	8.775.114,3613	705.135,2978	402,2800	
SP-05	2	73	OAE	CANCELADA		25,45	8.775.048,0949	705.300,9519	396,2000	
SP-06	2	82	OAE	02/03/16	26,24	40,45	8.774.982,3045	705.465,5580	396,0000	5 m CONSECUTIVOS COM NSPT >=50/45 cm, OU IMPENETRÁVEL À LAVAGEM POR TEMPO, OU PROF. MÁXIMA DE 40,45
SP-07	2	91	OAE	CANCELADA		25,45	8.774.907,5485	705.645,9814	393,7000	5 m CONSECUTIVOS COM NSPT >=50/45 cm, OU IMPENETRÁVEL À LAVAGEM POR TEMPO, OU PROF. MÁXIMA DE 25,45
SP-08	2	100	OAE	27/01/16	20,45	25,45	8.774.851,9142	705.785,2891	403,4800	5 m CONSECUTIVOS COM NSPT >=50/45 cm, OU IMPENETRÁVEL À LAVAGEM POR TEMPO, OU PROF. MÁXIMA DE 25,45
SP-09	2	123	VIÁRIO	10/03/14	15,45	15,45	8.774.476,4680	705.964,0864	400,3700	3 METROS CONSECUTIVOS COM SPT >= 20 GOLPES/30cm; OU IMPENETRÁVEL A LAVAGEM POR TEMPO; OU PROFUNDIDADE MÁXIMA DE 15,45 m
SP-10	1	16	OAE	09/01/16	22,45	25,45	8.774.651,1862	704.463,8671	405,2000	5 m CONSECUTIVOS COM NSPT >=50/45 cm, OU IMPENETRÁVEL À LAVAGEM POR TEMPO, OU PROF. MÁXIMA DE 25,45
SP-11	1	26	OAE	09/03/16	25,45	25,45	8.774.565,5379	704.647,1015	396,4000	
SP-12	1	36	OAE	27/02/16	40,45	25,45	8.774.478,1349	704.828,1443	396,9000	
SP-13	1	46	OAE	10/03/16	25,45	40,45	8.774.394,5867	705.008,6631	397,7000	5 m CONSECUTIVOS COM NSPT >=50/45 cm, OU IMPENETRÁVEL À LAVAGEM POR TEMPO, OU PROF. MÁXIMA DE 40,45
SP-14	1	61 + 10	OAE	11/03/16	25,45	25,45	8.774.257,3823	705.287,3835	404,1800	5 m CONSECUTIVOS COM NSPT >=50/45 cm, OU IMPENETRÁVEL À LAVAGEM POR TEMPO, OU PROF. MÁXIMA DE 40,45
SP-15	1	68	OAE	12/01/16	25,45	25,45	8.774.199,3154	705.400,9543	403,5000	
SP-16	3	27 + 10	VIÁRIO	12/01/16	10,45	15,45	8.774.229,4134	704.313,9845	405,4400	3 METROS CONSECUTIVOS COM SPT >= 20 GOLPES/30cm; OU IMPENETRÁVEL A LAVAGEM POR TEMPO; OU PROFUNDIDADE MÁXIMA DE 15,45 m
SP-17	3	59	OAE	07/01/16	14,23	25,45	8.773.685,4440	704.097,2554	403,4500	5 m CONSECUTIVOS COM NSPT >=50/45 cm, OU IMPENETRÁVEL À LAVAGEM POR TEMPO, OU PROF. MÁXIMA DE 40,45
SP-18	3	66 + 10	OAE	CANCELADA		25,45	8.773.576,1018	704.191,7655	392,4000	
SP-19	3	73	OAE	07/03/16	25,45	40,45	8.773.485,9084	704.283,6845	390,7000	5 m CONSECUTIVOS COM NSPT >=50/45 cm, OU IMPENETRÁVEL À LAVAGEM POR TEMPO, OU PROF. MÁXIMA DE 40,45
SP-20	3	79	OAE	CANCELADA		25,45	8.773.397,2327	704.374,1956	393,2000	5 m CONSECUTIVOS COM NSPT >=50/45 cm, OU IMPENETRÁVEL À LAVAGEM POR TEMPO, OU PROF. MÁXIMA DE 25,45
SP-21	3	86	OAE	CANCELADA		25,45	8.773.310,5598	704.480,8280	401,9000	
SP-22	3	107	VIÁRIO	29/01/16	12,45	15,45	8.773.304,7337	704.889,9556	403,2000	3 METROS CONSECUTIVOS COM SPT >= 20 GOLPES/30cm; OU IMPENETRÁVEL A LAVAGEM POR TEMPO; OU PROFUNDIDADE MÁXIMA DE 15,45 m
SP-23	3	123	OAE	CANCELADA		25,45	8.773.332,9086	705.215,8618	401,4000	5 m CONSECUTIVOS COM NSPT >=50/45 cm, OU IMPENETRÁVEL À LAVAGEM POR TEMPO, OU PROF. MÁXIMA DE 25,45
SP-24	3	131	OAE	15/01/16	18,45	25,45	8.773.356,4919	705.371,8445	403,5100	
SP-25	3	152	VIÁRIO	15/01/16	10,45	15,45	8.773.669,5648	705.614,8100	404,3400	3 METROS CONSECUTIVOS COM SPT >= 20 GOLPES/30cm; OU IMPENETRÁVEL A LAVAGEM POR TEMPO; OU PROFUNDIDADE MÁXIMA DE 15,45 m
SP-26	2 / 3	151 / 170	VIÁRIO	16/01/16	12,45	15,45	8.773.952,1644	705.841,6091	404,0400	

Tabela 2 – Relação de sondagens do projeto.

As sondagens canceladas referem-se principalmente às alternativas 2 e 3, principalmente por dois motivos:

- A medida que as sondagens foram executadas, ficou evidente a compartimentação que é apresentada nos perfis geológicos, de sedimentos antigos e recentes. Portanto, foi decidido que as informações nos pontos onde as sondagens foram canceladas teriam as informações interpoladas entre as sondagens executadas, o que é condizente com o nível de estudo aqui executado.
- Outro fator determinante para se diminuir as investigações para as alternativas 2 e 3 foi a conclusão, a partir do estudo hidrológico (Tomo I deste mesmo relatório), de que as alternativas 2 e 3 prejudicariam a vazão do rio em períodos de cheias. Portanto, seriam alternativas com menor chance de prosseguirem os estudos. Assim, foi decidido investir menos recursos no estudo destas alternativas. De qualquer forma, a qualidade final dos perfis geológico-geotécnicos ao longo destas alternativas é considerada boa para o nível de estudo aqui executado.

Com relação às modificações de critérios de paralisação, as sondagens 12 e 13 tiveram os critérios trocados: a SP-12 foi passada para sondagem mista (SM-12) e teve a profundidade máxima adotada como 40,45 m, ao passo que a SM-13 foi passada para percussão e teve profundidade máxima limitada em 25,45 m. Esta decisão foi tomada pois no momento das execuções, o NA do rio São Francisco estava alto, e a correnteza impedia o posicionamento correto da balsa no ponto da SP-13. Portanto foi decidido que seria executado a SM-12 em substituição, e se o NA do rio baixasse, a SP-13 seria executada, como realmente ocorreu.

Outras sondagens, como a SP-06 e a SP-19 tiveram as profundidades reduzidas de 40,45 m para 25,45 m, com o entendimento de que a SM-12 seria utilizada para extrapolar informações até os 40 metros de profundidade, e o material encontrado até 25 metros já seria suficiente para estimar as profundidades das fundações com bom grau de confiança.

9. Referências Bibliográficas

- APOSTOLOPOULOS, G., AMOLOCHITIS, G., STAMATAKI, S. Marine resistivity tomography prior excavation works in port construction. EAGE 69th Conference & Exhibition — London, 11 - 14 June 2007
- HASUI, Y. 2012. Compartimentação Geológica do Brasil. In HASUI, Y., CARNEIRO, C.D.R., ALMEIDA, F.F.M., BARTORELLI, A. Organizadores. Geologia do Brasil. Beca, 900p. São Paulo.
- KEAREY, P.; BROOKS, M.; HILL, I. An Introduction to Geophysical Exploration, 2002. Blackwell Science Ltd. Third edition. Oxford, 2002. Cap. 3 – 5.
- PARRY, S., BAYNES, F. J., CULSHAW, M. G., EGGERS, M., KEATON, J. F., LENTFER, K., NOVOTNY, J., PAUL. D., Engineering Geological Models – an introduction: IAEG Commission 25. Bulletin of Engineering Geology and the Environment. August 2014, Volume 73, Issue 3, pp 689-706.
- ORELLANA, E.S. Prospección geoelectrica en corriente continua. Madrid: Paraninfo, 1972. 523p.
- ORLANDO, L., 2013. Some considerations on electrical resistivity imaging for characterization of waterbed sediments. Jour. Appl. Geoph. 95:77-89
- PRESS, F., SIEVER, R., GROTZINGER, J., JORDAN, T. 2007. Rios: o transporte para os oceanos. *in Para Entender a Terra* 4. Ed. Porto Alegre, Bookman, 656 p.
- PROJETO BARRA-OLIVEIRA DOS BREJINHOS. Mapa Geológico. Anexo 1. Escala 1:200.000. 2008. CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, CPBM - Companhia Baiana de Pesquisa Mineral.
- SIAGAS (Sistema de Informações de Águas Subterrâneas). CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais) – Serviço Geológico do Brasil. Disponível em <http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/>, acessado em 04/09/2015.

SOUZA, L.A.P., MIRANDA FILHO, O.F., MAHIQUES, M.M. Perfilagem Sísmica em Águas Rasas: Qual a Melhor Fonte Acústica? III Simpósio Brasileiro de Geofísica. Belém, 2008. SBGf.

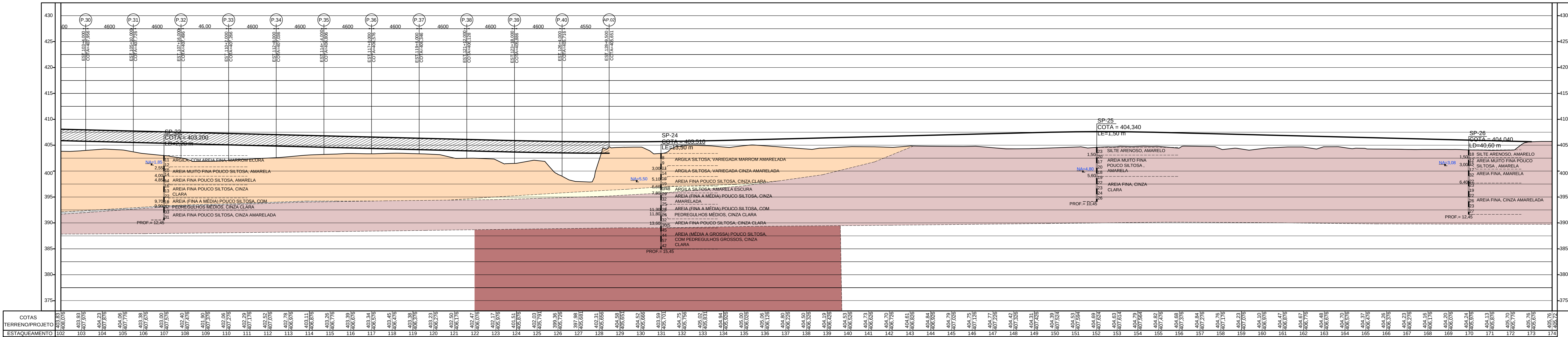
SOUZA, L.A.P. Revisão Crítica da Aplicabilidade dos Métodos Geofísicos na Investigação de Áreas Submersas Rasas. São Paulo, 2006. 311p. Tese De Doutorado - Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo.

ANEXO 1 – DE-BA160-17-G11/001

ANEXO 2 – DE-BA160-17-G11/002

ANEXO 3 – DE-BA160-17-G11/003

ANEXO 4 – DE-BA160-17-G11/004



PERFIL - ESCALA HORIZONTAL 1:2.000, ESCALA VERTICAL 1:400 (EXAGERO VERTICAL 5x)

LEGENDA NO PERFIL

AREIA

SEDIMENTOS ALUVIONARES RECENTES DE NSPT <= 5.

AREIA

SEDIMENTOS ALUVIONARES RECENTES DE NSPT > 5.

AREIA

SEDIMENTOS ALUVIONARES RECENTES PREDOMINANTEMENTE DE GRANULOMETRIA GROSSA (CASCALHOS)

AREIA

SEDIMENTOS ALUVIONARES ANTIGOS PREDOMINANTEMENTE COM NSPT < 30.

AREIA

SEDIMENTOS ALUVIONARES ANTIGOS PREDOMINANTEMENTE COM NSPT > 30 E <= 45.

AREIA

SEDIMENTOS ALUVIONARES ANTIGOS PREDOMINANTEMENTE COM NSPT > 45.

REPRESENTAÇÃO DAS SONDAGENS NO PERFIL

SP-XX

COTA=X.XX m

LE=X.XX m

NA=X.XX

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

33

34

35

36

37

38

39

40

41

42

43

44

45

46

47

48

49

50

51

52

53

54

55

56

57

58

59

60

61

62

63

64

65

66

67

68

69

70

71

72

73

74

75

76

77

78

79

80

81

82

83

84

85

86

87

88

89

90

91

92

93

94

95

96

97

98

99

100

101

102

103

104

105

106

107

108

109

110

111

112

113

114

115

116

117

118

119

120

121

122

123

124

125

126

127

128

129

130

131

132

133

134

135

136

137

138

139

140

141

142

143

144

145

146

147

148

149

150

151

152

153

154

155

156

157

158

159

160

161

162

163

164

165

166

167

168

169

170

171

172

173

174

175

176

177

178

179

180

181

182

183

184

185

186

187

188

189

190

191

192

193

194

195

196

197

198

199

200

201

202

203

204

205

206

207

208

209

210

211

212

213

214

215

216

217

218

219

220

221

222

223

224

225

226

227

228

229

230

231

232

233

234

235

236

237

238

239

240

241

242

243

244

245

246

247

248

249

250

251

252

253

254

255

256

257

258

259

260

261

262

263

264

265

266

267

268

269

270

271

272

273

274

275

276

277

278

279

280

281

282

283

284

285

286

287

288

289

290

291

292

293

294

295

296

297

298

299

300

301

302

303

304

305

306

307

308

309

310

311

312

313

314

315

316

317

318

319

320

321

322

323

324

325

326

327

328

329

330

331

332

333

334

335

336

337

338

339

340

341

342

343

344

345

346

347

348

349

350

351

352

353

354

355

356

357

358

359

360

361

362

363

364

365

366

367

368

369

370

371

372

373

374

375

376

377

378

379

380

381

382

383

384

385

386

387

388

389

390

391

392

393

394

395

396

397

398

399

400

401

402

403

404

405

406

407

408

409

410

411

412

413

414

415

416

417

418

419

420

421

422

423

424

425

426

427

428

429

430

431

432

433

434

435

436

437

438

439

440

441

442

443

444

445

446

447

448

449

450

451

452

453

454

455

456

457

458

459

460

461

462

463

464

465

466

467

468

469

470

471

472

473

474

475

476

477

478

479

480

481

482

483

484

485

486

487

488

489

490

491

492

493

494

495

496

497

498

499

500

501

502

503

504

505

506

507

508

509

510

511

512

513

514

515

516

517

518

519

520

521

522

523

524

525

526

527

528

529

530

531

532

533

534

535

536

537

538

539

540

541

542

543

544

545

546

547

548

549

550

551

552

553

554

555

556

557

558

559

560

561

562

563

564

565

566

567

568

569

570

571

572

573

574

575

576

577

578

579

580

581

582

583

584

585

586

587

588

589

590

591

592

593

594

595

596

597

598

599

600

601

602

603

604

605

606

607

608

609

610

611

612

613

614

615

616

617

618

619

620

621

622

623

624

625

626

627

628

629

630

631

632

633

634

635

636

637

638

639

640

641

642

643

644

645

646

647

648

649

650

651

652

653

654

655

656

657

658

659

660

661

662

663

664

665

666

667

668

669

670

671

672

673

674

675

676

677

678

679

680

681

682

683

684

685

686

687

688

689

690

691

692

693

694

695

696

697

698

699

700

701

702

703

704

705

706

707

708

709

710

711

712

713

714

715

716

717

718

719

720

721

722

723

724

725

726

727

728

729

730

731

732

733

734

735

736

737

738

739

740

741

742

743

744

745

746

747

748

749

750

751

752

753

754

755

756

757

758

759

760

761

762

763

764

765

766

767

768

769

770

771

772

773

774

775

776

777

778

779

780

781

782

783

784

785

786

787

788

789

790

791

792

793

794

795

796

797

798

799

800

801

802

803

804

805

806

807

808

809

810

811

812

813

814

815

816

817

818

819

820

821

822

823

824

825

826

827

828

829

830

831

832

833

834

835

836

837

838

839

840

841

842

843

844

845

846

847

848

849

850

851

852

853

854

855

856

857

858

859

860

861

862

863

864

865

866

867

868

869

870

871

872

873

874

875

876

877

878

879

880

881

882

883

884

885

886

887

888

889

890

891

892

893

894

895

896

897

898

899

900

901

902

903

904

905

906

907

908

909

910

911

912

913

914

915

916

917

918

919

920

921

922

923

924

925

926

927

928

929

930

931

932

933

934

935

936

937

938

939

940

941

942

943

944

945

946

947

948

949

950

951

952

953

954

955

956

957

958

959

960

961

962

963

964

965

966

967

968

969

970

971

972

973

974

975

976

977

978

979

980

981

982

983

984

985

986

987

988

989

990

991

992

993

994

995

996

997

998

999

1000

1001

1002

1003

1004

1005

1006

1007

1008

1009

1010

1011

1012

1013

1014

1015

1016

1017

1018

1019

1020

1021

1022

1023

1024

1025

1026

1027

1028

1029

1030

1031

1032

1033

1034

1035

1036

1037

1038

1039

1040

1041

1042

1043

1044

1045

1046

1047

1048

1049

1050

1051

1052

1053

1054

1055

1056

1057

1058

1059

1060

1061

1062

1063

1064

1065

1066

1067

1068

1069

1070

1071

1072

1073

1074

1075

1076

1077

1078

1079

1080

1081

1082

1083

1084

1085

1086

1087

1088

1089

1090

1091

1092

1093

1094

1095

1096

1097

1098

1099

1100

1101

1102

1103

1104

1105

1106

1107

1108

1109

1110

1111

1112

1113

1114

1115

1116

1117

1118

1119

1120

1121

1122

1123

1124

1125

1126

1127

1128

1129

1130

1131

1132

1133

1134

1135

1136

1137

1138

1139

1140

1141

1142

1143

1144

1145

1146

1147

1148

1149

1150

1151

1152

1153

1154

1155

1156

1157

1158

1159

1160

1161

1162

1163

1164

1165

1166

1167

1168

1169

1170

1171

1172

1173

1174

1175

1176

1177

1178

1179

1180

1181

1182

1183

1184

1185

1186

1187

1188

1189

1190

1191

1192

1193

1194

1195

1196

1197

1198

1199

1200

1201

1202

1203

1204

1205

1206

1207

1208

1209

1210

1211

1212

1213

1214

1215

1216

1217

1218

1219

1220

1221

1222

1223

1224

1225

1226

1227

1228

1229

1230

1231

1232

1233

1234

1235

1236

1237

1238

1239

1240

1241

1242

1243

1244

1245

1246

1247

1248

1249

1250

1251

1252

1253

1254

1255

1256

1257

1258

1259

1260

1261

1262

1263

1264

1265

1266

1267

1268

1269

1270

1271

1272

1273

1274

1275

1276

1277

1278

1279

1280

1281

1282

1283

1284

1285

1286

1287

1288

1289

1290

1291

1292

1293

1294

1295

1296

1297

1298

1299

1300

1301

1302

1303

1304

1305

1306

1307

1308

1309

1310

1311

1312

1313

1314

1315

1316

1317

1318

1319

1320

1321

1322

1323

1324

1325

1326

1327

1328

1329

1330

1331

1332

1333

1334

1335

1336

1337

1338

1339

1340

1341

1342

1343

1344

1345

1346

1347

1348

1349

1350

1351

1352

1353

1354

1355

1356

1357

1358

1359

1360

1361

1362

1363

1364

1365

1366

1367

1368

1369

1370

1371

1372

1373

1374

1375

1376

1377

1378

1379

1380

1381

1382

1383

1384

1385

1386

1387

1388

1389

1390

1391

1392

1393

1394

1395

1396

1397

1398

1399

1400

1401

1402

1403

1404

1405

1406

1407

1408

1409

1410

1411

1412

1413

1414

1415

1416

1417

1418

1419

1420

1421

1422

1423

1424

1425

1426

1427

1428

1429

1430

1431

1432

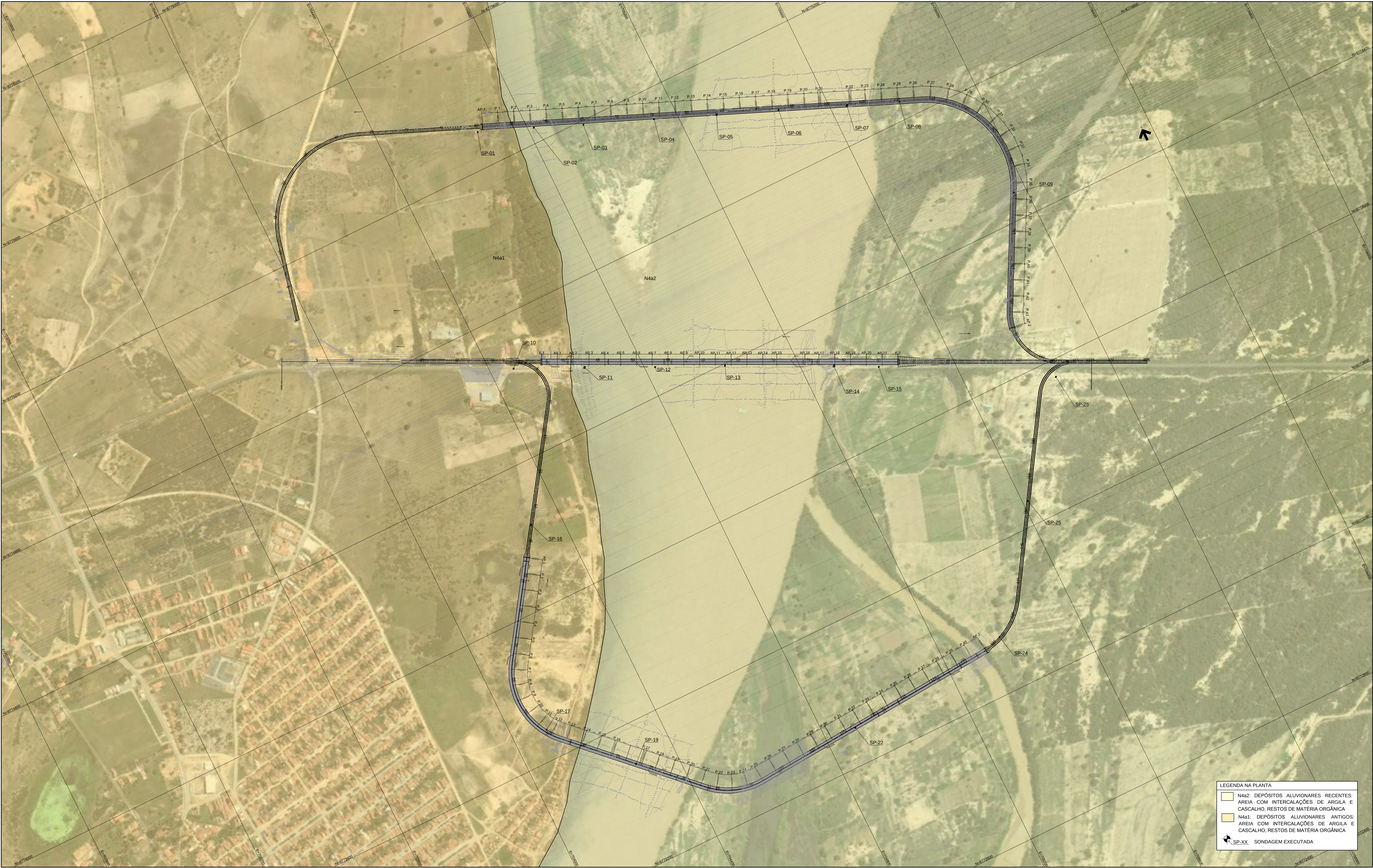
1433

1434

1435

1436

ANEXO 5 – DE-BA160-17-G11/005



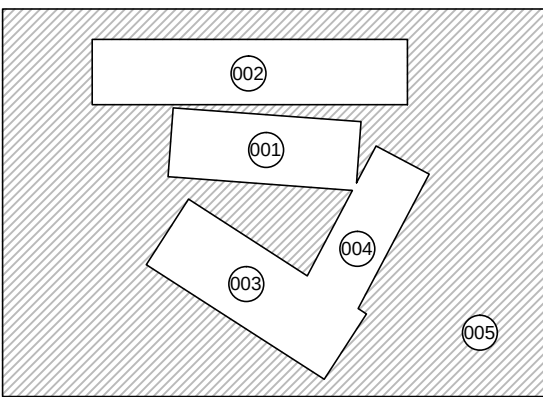
LEGENDA NA PLANTA

N4a2: DEPOSITOS ALUVIONARES RECENTES: AREIA COM INTERCALACOES DE ARGILA E CASCALHO, RESTOS DE MATERIA ORGANICA

N4a1: DEPOSITOS ALUVIONARES ANTIGOS: AREIA COM INTERCALACOES DE ARGILA E CASCALHO, RESTOS DE MATERIA ORGANICA

SP-XX: SONDAGEM EXECUTADA

1	EMISSÃO INICIAL	04/16				
Nº	Descrição	Emissão	Verificação	Aprovação	Código	Objeto
		Revisões				Documentos de referência



ARTICULAÇÃO



Desenho:	Data:		
Projetista:	Data:	C. Qualidade:	Data:
Verificação:	Data:	Aprovação:	Data:

NOTAS (PLANTA)
1. DESCRIÇÃO, LEGENDA E ÁREA DE ABRANGÊNCIA DOS DIFERENTES LITOTIPOS DE ACORDO COM O MAPA GEOLÓGICO DA CPRM - BARRA - OLIVEIRA DOS BREJINHOS.
2. PARA PERFIS GEOLÓGICOS AO LONGO DAS 3 ALTERNATIVAS DE TRAÇADO, VER OS DESENHOS DE-BA160-17-G11/001 A 004.



Empreendimento: PESQUISAS E ESTUDO DE VIABILIDADE DE PPP DO SISTEMA RODOVIÁRIO ESTADUAL

Rodovia: BA-052

Objeto: MAPA GEOLÓGICO E LOCAÇÃO DE SONDAGENS ALTERNATIVAS 1, 2 E 3

Escala: 1:5.000 Código: DE-BA160-17-G11/005

Rev. 1

ANEXO 6 - PERFIS DOS POÇOS TUBULARES 2900005157 E 2900023996



Ficha Técnica Completa de Poço



Poço: 2900005157	UF : BA	Município : Xique-xique	Localidade : PAULISTA
------------------	---------	-------------------------	-----------------------

Perfil Construtivo																																																																																																																							
	<table border="1"> <tr> <th colspan="2">Gerais</th> </tr> <tr> <td colspan="2">Dados Gerais:</td> </tr> <tr> <td>Nome :</td> <td>CERB 1-3562/86</td> </tr> <tr> <td>Data da Instalação :</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Proprietário :</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Natureza do Ponto :</td> <td>Poço tubular</td> </tr> <tr> <td>Uso da água :</td> <td>Abastecimento urbano</td> </tr> <tr> <td>Cota do Terreno :</td> <td>400.00</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Localização:</td> </tr> <tr> <td>Localidade :</td> <td>PAULISTA</td> </tr> <tr> <td>UTM (Norte/Sul) :</td> <td>8772992</td> </tr> <tr> <td>UTM (Leste/Oeste) :</td> <td>713999</td> </tr> <tr> <td>Latitude (GMMSS) :</td> <td>110536</td> </tr> <tr> <td>Longitude (GMMSS) :</td> <td>430227</td> </tr> <tr> <td>Bacia Hidrográfica:</td> <td>Rio São Francisco</td> </tr> <tr> <td>Subbacia Hidrográfica:</td> <td>Rios São Francisco, Jacare e outros</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Situação:</td> </tr> <tr> <td>Data :</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Situação :</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Construtivos</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Perfuração:</td> </tr> <tr> <td>Data:</td> <td>Profundidade Inicial(m)</td> <td>Profundidade Final(m)</td> <td>Perfurador</td> <td>Método</td> </tr> <tr> <td>19/05/1986</td> <td>0.00</td> <td>64.00</td> <td>CERB</td> <td>Roto-percussao</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Diâmetro:</td> </tr> <tr> <td>De (m):</td> <td>Até (m):</td> <td>Polegadas</td> <td>Milímetros</td> </tr> <tr> <td>0.00</td> <td>45.00</td> <td>8 1/2</td> <td>215.9000</td> </tr> <tr> <td>45.00</td> <td>64.00</td> <td>6</td> <td>152.4000</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Revestimento:</td> </tr> <tr> <td>De (m):</td> <td>Até (m):</td> <td>Material</td> <td>Diâmetro (pol)</td> <td>Diâmetro (mm)</td> </tr> <tr> <td>0.00</td> <td>46.20</td> <td>Aço sem costura com rosca e luva</td> <td>6</td> <td>152.4000</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Filtro:</td> </tr> <tr> <td>De (m):</td> <td>Até (m):</td> <td>Material</td> <td>Diâmetro (pol)</td> <td>Diâmetro (mm)</td> <td>Ranhura</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Espaço Anular:</td> </tr> <tr> <td>De (m):</td> <td>Até (m):</td> <td>Material</td> </tr> <tr> <td>0.00</td> <td>1.00</td> <td>Cimentação</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Boca do Tubo:</td> </tr> <tr> <td>Data:</td> <td>Altura(m):</td> <td>Diâmetro (pol)</td> <td>Diâmetro (mm)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1.20</td> <td>6</td> <td>152.4000</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Entrada d'água:</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Profundidade:</td> </tr> <tr> <td colspan="2">58.00</td> </tr> <tr> <td colspan="2">62.00</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Profundidade Útil:</td> </tr> <tr> <td>Data:</td> <td>Profundidade:</td> </tr> <tr> <td></td> <td>64.00</td> </tr> </table>	Gerais		Dados Gerais:		Nome :	CERB 1-3562/86	Data da Instalação :		Proprietário :		Natureza do Ponto :	Poço tubular	Uso da água :	Abastecimento urbano	Cota do Terreno :	400.00	Localização:		Localidade :	PAULISTA	UTM (Norte/Sul) :	8772992	UTM (Leste/Oeste) :	713999	Latitude (GMMSS) :	110536	Longitude (GMMSS) :	430227	Bacia Hidrográfica:	Rio São Francisco	Subbacia Hidrográfica:	Rios São Francisco, Jacare e outros	Situação:		Data :		Situação :		Construtivos		Perfuração:		Data:	Profundidade Inicial(m)	Profundidade Final(m)	Perfurador	Método	19/05/1986	0.00	64.00	CERB	Roto-percussao	Diâmetro:		De (m):	Até (m):	Polegadas	Milímetros	0.00	45.00	8 1/2	215.9000	45.00	64.00	6	152.4000	Revestimento:		De (m):	Até (m):	Material	Diâmetro (pol)	Diâmetro (mm)	0.00	46.20	Aço sem costura com rosca e luva	6	152.4000	Filtro:		De (m):	Até (m):	Material	Diâmetro (pol)	Diâmetro (mm)	Ranhura	Espaço Anular:		De (m):	Até (m):	Material	0.00	1.00	Cimentação	Boca do Tubo:		Data:	Altura(m):	Diâmetro (pol)	Diâmetro (mm)		1.20	6	152.4000	Entrada d'água:		Profundidade:		58.00		62.00		Profundidade Útil:		Data:	Profundidade:		64.00
Gerais																																																																																																																							
Dados Gerais:																																																																																																																							
Nome :	CERB 1-3562/86																																																																																																																						
Data da Instalação :																																																																																																																							
Proprietário :																																																																																																																							
Natureza do Ponto :	Poço tubular																																																																																																																						
Uso da água :	Abastecimento urbano																																																																																																																						
Cota do Terreno :	400.00																																																																																																																						
Localização:																																																																																																																							
Localidade :	PAULISTA																																																																																																																						
UTM (Norte/Sul) :	8772992																																																																																																																						
UTM (Leste/Oeste) :	713999																																																																																																																						
Latitude (GMMSS) :	110536																																																																																																																						
Longitude (GMMSS) :	430227																																																																																																																						
Bacia Hidrográfica:	Rio São Francisco																																																																																																																						
Subbacia Hidrográfica:	Rios São Francisco, Jacare e outros																																																																																																																						
Situação:																																																																																																																							
Data :																																																																																																																							
Situação :																																																																																																																							
Construtivos																																																																																																																							
Perfuração:																																																																																																																							
Data:	Profundidade Inicial(m)	Profundidade Final(m)	Perfurador	Método																																																																																																																			
19/05/1986	0.00	64.00	CERB	Roto-percussao																																																																																																																			
Diâmetro:																																																																																																																							
De (m):	Até (m):	Polegadas	Milímetros																																																																																																																				
0.00	45.00	8 1/2	215.9000																																																																																																																				
45.00	64.00	6	152.4000																																																																																																																				
Revestimento:																																																																																																																							
De (m):	Até (m):	Material	Diâmetro (pol)	Diâmetro (mm)																																																																																																																			
0.00	46.20	Aço sem costura com rosca e luva	6	152.4000																																																																																																																			
Filtro:																																																																																																																							
De (m):	Até (m):	Material	Diâmetro (pol)	Diâmetro (mm)	Ranhura																																																																																																																		
Espaço Anular:																																																																																																																							
De (m):	Até (m):	Material																																																																																																																					
0.00	1.00	Cimentação																																																																																																																					
Boca do Tubo:																																																																																																																							
Data:	Altura(m):	Diâmetro (pol)	Diâmetro (mm)																																																																																																																				
	1.20	6	152.4000																																																																																																																				
Entrada d'água:																																																																																																																							
Profundidade:																																																																																																																							
58.00																																																																																																																							
62.00																																																																																																																							
Profundidade Útil:																																																																																																																							
Data:	Profundidade:																																																																																																																						
	64.00																																																																																																																						



Ficha Técnica Completa de Poço



Geológicos			
Feição Geomorfológica:			
Descrição:			
Formação Geológica:			
Profundidade Inicial (m):	Profundidade Final (m):	Tipo de Formação:	
0.00	31.00	Aluvies	
31.00	64.00	Grupo paraguacu	
Dados Litológicos:			
De (m):	Até (m):	Litologia:	Descrição Litológica:
0	1	Solo	SOLO ARENO ARGILOSO CINZA.
1	6	Argila	ARGILA AMARELADA.
6	31	Areia média	AREIA CINZA CLARO, MEDIA AFINA, MAL SELECIONADA. S
31	34	Areia grossa	AREIA CINZA CLARO, GROSSEIRA, MAL SELECIONADA.
34	40	Ardásia	ARDOSIA, ESV. C/ FRAG. ANGUL. E QTZO. CRIST. LEITOSOC/ FRAG. MEDIA.
40	42	Areia média	AREIA CINZA CLARO, MEDIA.
42	45	Ardásia	ARDOSIA ESVERD. C/ FRAG. FINA.
45	51	Ardásia	ARDOSIA CINZA MED. A. CINZA AMARELADA, FRAG. MEDIA.
51	61	Ardásia	ARDOSIA ESV. FRAG. MEDIA AGROSSA.
61	62	Quartzito de fragmentação fina	VEIO DE QTZO. LEITOSO, FRAG. GROSSA.
62	64	Siltito	META SILTITO CINZA ESC. BAST. CARBOMAT. FRAG. MEDIA.
Hidrogeológicos			
Aquífero no Ponto:			
Aquífero: Fissural	Topo (m):	31.00	
	Base (m):	64.00	
	Captação:	ÚNICA	
	Condição:	LIVRE	
	Penetração:	PARCIAL	
Nível da Água:			
Data:			
Nível da Água (m):			
Nível Medido Bombeando (S/N)?			
Vazão (m³/h):			
Teste de Bombeamento			
Teste de Bombeamento:			
Data:	Surgência:	Nível Estático (m):	Duração do Teste (h):
21/05/1986	N	8.56	12
Nível Dinâmico:	Vazão Específica (m³/h/m):	Coefficiente de Armazenamento:	Vazão Livre (m³/h):
23.36	1.445		
Permeabilidade (m/s):	Transmissividade (m²/s):	Vazão Após Estabilização (m³/h):	Tipo do Teste:
		21.38	Rebaixamento
Método:	Unidade:		
	Air-lift		
Análises Químicas			
Análises Químicas:			
Data da Coleta:			
Condutividade Elétrica (µS/cm):	550.00		
Qualidade da Água (PT/CO):	10.00		
Sabor da Água:			
Qualidade da Água (Odor):			
Temperatura (C°):			
Turbidez (NTU):	0.8		
Sólidos Suspensos (mg/l):			
Sólidos Sedimentáveis (mg/l):			
Aspecto Natural:			
Ph:	7.00		



Ficha Técnica Completa de Poço



Gráfico de evolução do nível d'água para os últimos cinco anos hidrológicos

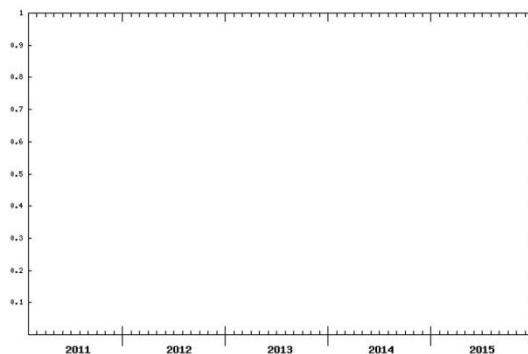
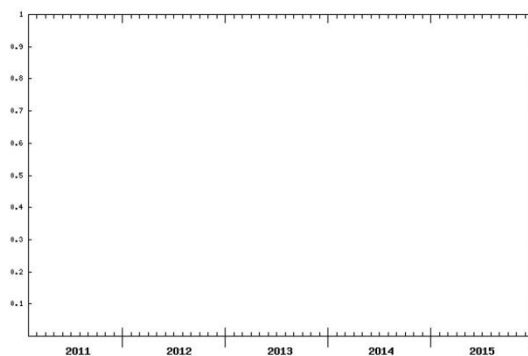


Gráfico de evolução da condutividade elétrica para os últimos cinco anos hidrológicos





Ficha Técnica Completa de Poço



Poço: 2900023996	UF : BA	Município : Xique-xique	Localidade : CAMBOEIRO
------------------	---------	-------------------------	------------------------

Perfil Construtivo 	Gerais				
	Dados Gerais:				
	Nome :	CERB 2-3217/09			
	Data da Instalação :				
	Proprietário :	CERB			
	Natureza do Ponto :	Poço tubular			
	Uso da água :				
	Cota do Terreno :				
	Localização:				
	Localidade :	CAMBOEIRO			
	UTM (Norte/Sul) :	8761518			
	UTM (Leste/Oeste) :	701301			
	Latitude (GMMSS) :	111152			
	Longitude (GMMSS) :	430923			
	Bacia Hidrográfica:	Rio São Francisco			
Subbacia Hidrográfica:	Rios São Francisco, Jacare e outros				
Situação:					
Data :					
Situação :					
Construtivos					
Perfuração:					
Data:	Profundidade Inicial(m)	Profundidade Final(m)	Perfurador	Método	
15/08/2009	0.00	46.00	CERB	Rotativo	
Diâmetro:					
De (m):	Até (m):	Polegadas	Milímetros		
0.00	4.00	17 1/2	444.5000		
4.00	46.00	12 1/4	311.1500		
Revestimento:					
De (m):	Até (m):	Material	Diâmetro (pol)	Diâmetro (mm)	
0.00	31.00	Nao especificado	6	152.4000	
33.00	35.00	Nao especificado	6	152.4000	
41.00	43.50	Nao especificado	6	152.4000	
Filtro:					
De (m):	Até (m):	Material	Diâmetro (pol)	Diâmetro (mm)	Ranhura
31.00	33.00	Plastico geomecanico reforçado	6	152.4000	
35.00	41.00	Plastico geomecanico reforçado	6	152.4000	
Espaço Anular:					
De (m):	Até (m):	Material			
0.00	46.00	Pre-filtro			
42.00	43.00	Cimentação			
Boca do Tubo:					
Data:	Altura(m):	Diâmetro (pol)	Diâmetro (mm)		
15/08/2009	1.00	6	152.4000		
Entrada d'água:					
Profundidade:					
Profundidade Útil:					
Data:	Profundidade:				
	46.00				



Ficha Técnica Completa de Poço



Geológicos			
Feição Geomorfológica:			
Descrição:			
Formação Geológica:			
Profundidade Inicial (m):	Profundidade Final (m):	Tipo de Formação:	
Dados Litológicos:			
De (m):	Até (m):	Litologia:	Descrição Litológica:
0	1	Solo areno-argiloso	Solo areno-argiloso amarelado
1	6	Argila	Argila amarelada
6	10	Areia argilosa	Areia argilosa amarelada
10	11	Argila	Argila acinzentada
11	16	Areia média a grossa amarelada	Areia média a grossa amarelada
16	29	Areia média a grossa acinzentada	Areia média a grossa acinzentada
29	30	Areia argilosa	Areia argilosa cinza esverdeada
30	33	Areia média a grossa esverdeada	Areia média a grossa esverdeada
33	37	Areia conglomerática argilosa	Areia conglomerática pouco argilosa cinza esverdeada
37	41	Areia conglomerática	Areia conglomerática acinzentada
41	46	Areia fina	Areia fina com matriz pouco argilosa acinzentada
Hidrogeológicos			
Aquífero no Ponto:			
Aquífero: Poroso	Topo (m):	0.00	
	Base (m):	46.00	
	Captação:		
	Condição:	Semi-Confinado	
Penetração:			
Nível da Água:			
Data:			
Nível da Água (m):			
Nível Medido Bombeando (S/N)?			
Vazão (m³/h):			
Teste de Bombeamento			
Teste de Bombeamento:			
Data:	Surgência:	Nível Estático (m):	Duração do Teste (h):
16/08/2009	N	8.10	12:00
Nível Dinâmico:	Vazão Específica (m³/h/m):	Coefficiente de Armazenamento:	Vazão Livre (m³/h):
14.04	3.81		
Permeabilidade (m/s):	Transmissividade (m²/s):	Vazão Após Estabilização (m³/h):	Tipo do Teste:
		22.629	Rebaixamento
Método:	Unidade:		
	Air-lift		
Análises Químicas			
Análises Químicas:			
Data da Coleta:	16/08/2009		
Condutividade Elétrica (µS/cm):	195.30		
Qualidade da Água (PT/CO):	5.00		
Sabor da Água:	Bom		
Qualidade da Água (Odor):	Inodora		
Temperatura (°C):			
Turbidez (NTU):	4.01		
Sólidos Suspensos (mg/l):			
Sólidos Sedimentáveis (mg/l):			
Aspecto Natural:			
Ph:	6.77		



Ficha Técnica Completa de Poço



Gráfico de evolução do nível d'água para os últimos cinco anos hidrológicos

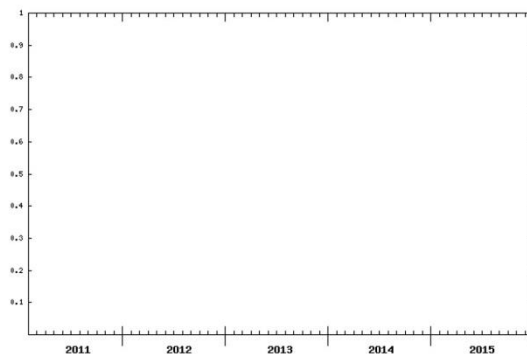
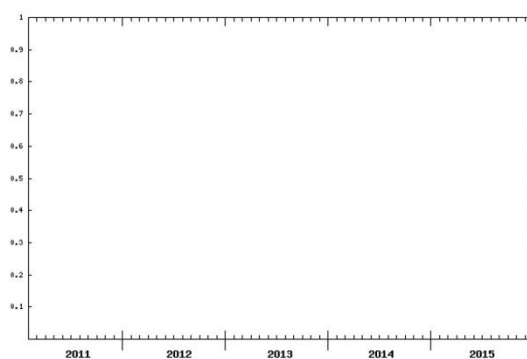


Gráfico de evolução da condutividade elétrica para os últimos cinco anos hidrológicos



SERVIÇOS DE CONSULTORIA
ESTUDOS DE ENGENHARIA E TRÁFEGO

SISTEMA RODOVIÁRIO BA-052
ESTUDOS PRELIMINARES - NOVA PONTE SOBRE
RIO SÃO FRANCISCO
TOMO III – SONDAGENS

REVISÃO 1
ABRIL/2016

Sumário

1. Apresentação.....	4
2. PLANTA DE LOCAÇÃO DE SONDAGENS.....	6
3. SONDAGENS A PERCUSSÃO EM TERRA.....	7
4. METODOLOGIA.....	8
5. SONDAGENS A PERCUSSÃO EM LÂMINA D'ÁGUA.....	45
6. METODOLOGIA.....	46
7. SONDAGENS ROTATIVAS EM LÂMINA D'ÁGUA.....	59
8. METODOLOGIA.....	60

Índice de Figuras

Figura 1 – Planta de locação de sondagens inicial.	6
---	---

1. Apresentação

O presente documento tem por objetivo apresentar o Produto 2B – Estudos Preliminares – Nova Ponte sobre o Rio São Francisco, TOMO III – Sondagens, contendo os resultados das sondagens executadas no âmbito do projeto de nova ponte entre os municípios de Xique-Xique e Barra, no oeste do estado da Bahia, que visa garantir melhores condições de escoamento dos fluxos de veículos atuais e futuros neste eixo. Os estudos foram elaborados para as três alternativas de travessia propostas, conforme descritas no Produto 2B – Estudos Preliminares – Nova Ponte sobre o Rio São Francisco.

A International Finance Corporation (IFC), entidade vinculada ao Banco Mundial, focada no desenvolvimento do setor privado, conjuntamente com o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES, uniu esforços com o Estado da Bahia para a estruturação, elaboração de licitação e contratação de uma Concessão/PPP com vistas à operação, recuperação e manutenção do Sistema Rodoviário BA-052, composto por trechos rodoviários que promovem a ligação de Feira de Santana, importante polo urbano, econômico, financeiro, político e cultural da Bahia, com o interior noroeste do estado.

Para os estudos nas áreas de engenharia e tráfego, a IFC contratou a empresa Vetec Engenharia Ltda., conforme Contrato n.º 8005359. Os trabalhos têm por objetivo principal melhorar as condições das rodovias que integram o sistema, visando maior conforto e segurança aos usuários e redução dos custos de transporte, através da minimização dos tempos de viagem e dos custos operacionais associados (combustível, manutenção dos veículos), bem como da redução do número de acidentes, decorrentes da melhoria das características físicas das rodovias de projeto, contribuindo assim para a dinamização econômica e desenvolvimento regional.

O Sistema Rodoviário BA-052 é composto por quatro segmentos de rodovias estaduais (BA-052, BA-148, BA-160 e BA-432), totalizando aproximadamente 688 km de extensão, onde serão desenvolvidos estudos e pesquisas com o propósito de caracterizar a situação física, funcional e operacional do sistema.

Serão apresentados, neste relatório, os seguintes itens:

- Mapa de localização de sondagens;
- Tabelas das sondagens executadas, seguidas dos perfis definitivos de cada sondagem e foto do local da sondagem.

Os critérios de paralisação para cada sondagem e a planilha de relação das sondagens programadas foram apresentados e discutidos no item 5.2.2 do Produto 1B – Engenharia, Tráfego e Ponte.

A programação inicial sofreu algumas modificações ao longo da execução. Estas modificações são discutidas no Tomo II – Geologia e Geotecnia deste mesmo relatório.

2. Planta de Localização de Sondagens

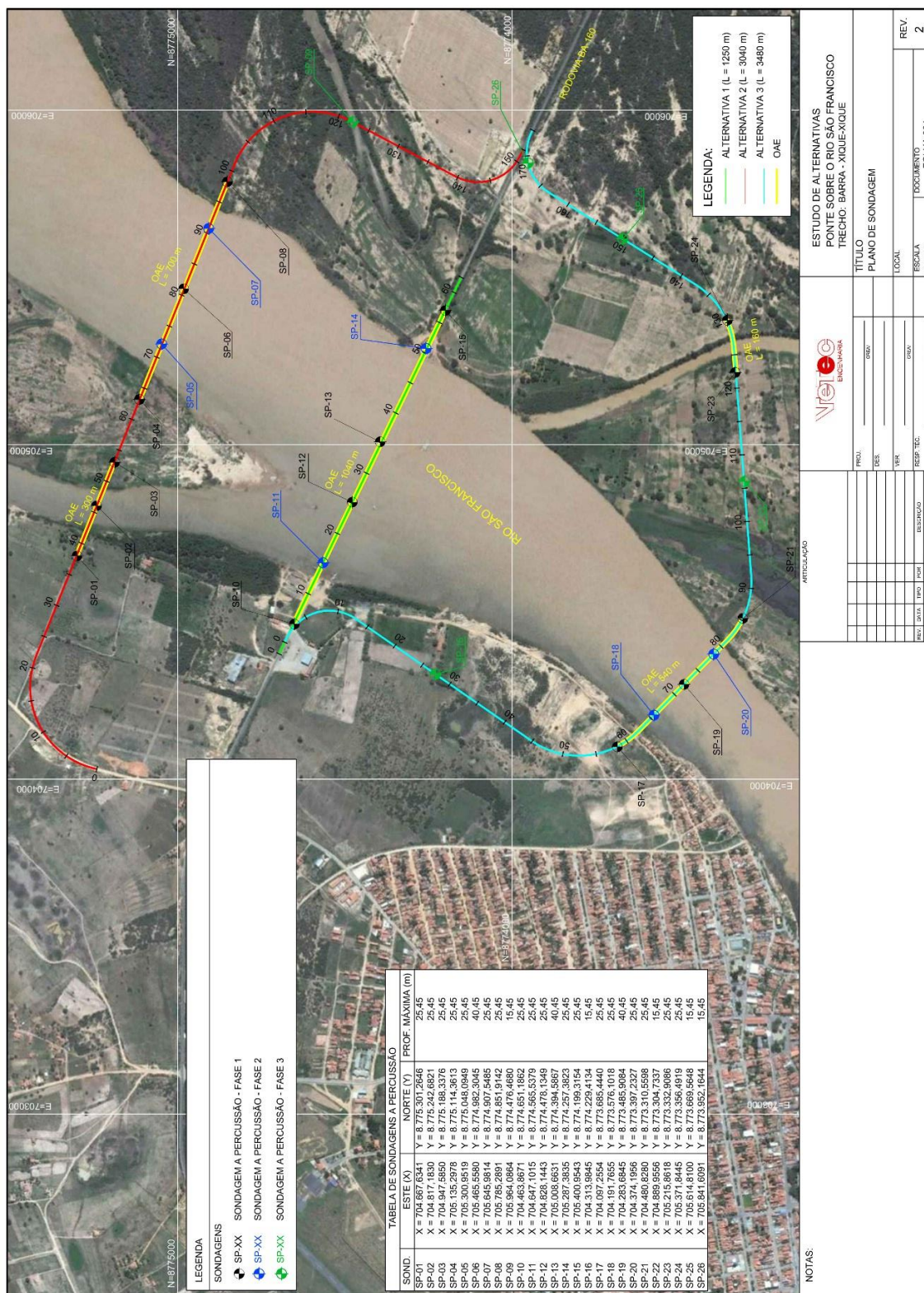


Figura 1 – Planta de localização de sondagens inicial.

3. Sondagens a Percussão em Terra

Foram executados 14 (quatorze) furos de sondagem à percussão SPT, (descritos em memorial abaixo), conforme NBR 6484/2001, perfazendo um total de 264,08 metros lineares.

Memorial de Cálculo - PERCUSSÃO				
	Ponto	Profundidade total do furo (m)	Início	Término
1	SP-01	25,45	13/01/2016	13/01/2016
2	SP-03	25,45	21/01/2016	22/01/2016
3	SP-04	25,45	25/01/2016	25/01/2016
4	SP-08	20,45	26/01/2016	27/01/2016
5	SP-09	15,45	10/03/2016	10/03/2016
6	SP-10	22,45	08/01/2016	09/01/2016
7	SP-14	25,45	11/03/2016	11/03/2016
8	SP-15	25,45	11/01/2016	12/01/2016
9	SP-16	10,45	12/01/2016	12/01/2016
10	SP-17	14,23	07/01/2016	07/01/2016
11	SP-22	12,45	28/01/2016	29/01/2016
12	SP-24	18,45	14/01/2016	15/01/2016
13	SP-25	10,45	15/01/2016	15/01/2016
14	SP-26	12,45	16/01/2016	16/01/2016
TOTAL		264,08		

4. METODOLOGIA

As perfurações foram executadas com trado concha até o lençol freático, após foi iniciado a circulação de água protegidas por revestimento 2 1/2" de diâmetro nominal. A extração das amostras foi feita com a cravação de amostrador padrão de 34,9mm (1 x 3/8") e 50,8mm (2") de diâmetro interno e externo, respectivamente em solo.

A resistência à penetração do amostrador padrão foi obtida através da anotação do número de golpes de um peso de 65 kg, que cai em queda livre de 75 cm de altura, para cravar 30cm do amostrador, descrito acima, nas camadas de solo atravessadas. O número obtido fornece a indicação da compactidade (caso dos solos de predominância arenosa ou silto-arenosa) ou da consistência (caso dos solos de predominância argilosa ou silto-argilosa) dos solos em estudo.

 PBS SONDAGENS E PERFURAÇÕES DE SOLOS LTDA Rua Itapiranga, 194 - Vila Floresta - Santo André / SP Tel: (11) 4426-3581 / (11) 4422-6987 CREA-SP: 0849223 - www.pbssondagens.com.br	
Cliente VETEC ENGENHARIA	
Local ROD. BA-160 - XIQUE-XIQUE / BA	
Escala: 1:100	Data: 21/01/2016
Des. D.Y.N.	Geol. Walter Franco de Araújo CREA 5063488646
Des.nº L2016-11339	Início: 13/01/2016
Término: 13/01/2016	
SONDAGEM SP-01 FOLHA 1/2	
Cotas em relação ao R.N.	Amostra
Profundidade da camada (m)	1ª e 2ª penetrações SPT 2ª e 3ª penetrações Revestimento
Nível d'água	Diâmetro da Perfuração ● Ø 2 1/2" ○ Ø BW ○ Ø 4" ○ Ø NW ○ Ø 6" ○ Ø HW
COORDENADAS N = 8.775.301,2646 E = 704.667,6341 Cota = 405,67m	
CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL	
Areia muito fina siltosa, amarela escura	
Silte arenoso, cinza claro Pouco compacto	
Argila, com areia fina, variegada cinza amarelada Rija	
Areia muito fina siltosa, cinza clara Muito compacta	
Areia fina argilosa, variegada cinza clara Compacta	
Areia fina siltosa, amarela Compacta	
Areia fina pouco siltosa, cinza clara Compacta	
Areia (média a grossa) pouco siltosa, cinza clara Medianamente compacta a compacta	
CONTINUA NA PRÓXIMA FOLHA	
NÍVEL D'ÁGUA	DATA HORA PROFUNDIDADE (m) Avanço (m) Lavagem por tempo
13/01/2016 16:44 4,83 Trado 0,00 a 4,00	t(min) intervalo (m) avanço (cm)
14/01/2016 11:25 4,70 Lavagem 4,09 a 25,00	10 - -
- - - Revestimento 0,00 a 5,00	10 - -
- - - ☒ AMOSTRA NÃO RECUPERADA	10 - -

		PBS SONDAGENS E PERFURAÇÕES DE SOLOS LTDA Rua Itapiranga, 194 - Vila Floresta - Santo André / SP Tel: (11) 4426-3581 / (11) 4422-6987 CREA-SP: 0849223 - www.pbssondagens.com.br						
Cliente VETEC ENGENHARIA								
Local ROD. BA-160 - XIQUE-XIQUE / BA								
Escala: 1:100		Data: 21/01/2016		Des. ⁱⁿ D.Y.N.		Geol. Walter Franco de Araújo CREA 5063488646		Des.nº L2016-11339
SONDAGEM SP-01 SP-01 FOLHA 2/2								
Início: 13/01/2016		Término: 13/01/2016						
Cotas em relação ao R.N.	Amostra	Profundidade da camada (m)	--- 1ª e 2ª penetrações ● SPT — 2ª e 3ª penetrações — Revestimento			Diâmetro da Perfuração ● Ø 2 1/2" ○ Ø BW ○ Ø 4" ○ Ø NW ○ Ø 6 ○ Ø HW		COORDENADAS N = 8.775.301,2646 E = 704.667,6341 Cota = 405,67m
			Nº de golpes	Gráfico		CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL		
Nível d'água				10	20	30	40	
390	☒	18,70	4 5 8	13		Areia (média a grossa) pouco siltosa, cinza clara Medianamente compacta a compacta		
	☒		4 6 11	17				
	☒		4 8 12	20				
	☒		5 10 15	25				
	☒		5 12 16	28				
385	☒	25,45	6 13 16	29	Areia (fina a média), cinza clara Compacta			
	☒		8 12 18	30				
	☒		5 10 13	23				
	☒		7 13 17	30				
	☒		8 12 18	30				
380	☒		10 15 20	35	LIMITE DA SONDAGEM - Sondagem paralisada por determinação do cliente. De 0,00m a 25,45m - Sedimentos Recentes			
			15 15 15					

NÍVEL D'ÁGUA	DATA	HORA	PROFUNDIDADE (m)	Avanço (m)		Lavagem por tempo		
	13/01/2016	16:44	4,83	Trado	0,00 a 4,00	t(min)	intervalo (m)	avanço (cm)
	14/01/2016	11:25	4,70	Lavagem	4,09 a 25,00	10	-	-
	-	-	-	Revestimento	0,00 a 5,00	10	-	-
	-	-	-	☒ AMOSTRA NÃO RECUPERADA		10	-	-



		PBS SONDAGENS E PERFURAÇÕES DE SOLOS LTDA Rua Itapiranga, 194 - Vila Floresta - Santo André / SP Tel: (11) 4426-3581 / (11) 4422-6987 CREA-SP: 0849223 - www.pbssondagens.com.br						
Cliente VETEC ENGENHARIA								
Local ROD. BA-160 - XIQUE-XIQUE / BA								
Escala: 1:100		Data: 01/02/2016		Des. F.S.O.		Geol. Walter Franco de Araújo CREA 5063488646		Des.nº L2016-11378
SONDAGEM			SP-03 FOLHA 1/2			Início: 21/01/2016		Término: 22/01/2016
Cotas em relação ao R.N.	Amostra	Profundidade da camada (m)	--- 1ª e 2ª penetrações ● SPT — 2ª e 3ª penetrações — Revestimento			Diâmetro da Perfuração ● Ø 2 1/2" ○ Ø BW ○ Ø 4" ○ Ø NW ○ Ø 6" ○ Ø HW		COORDENADAS N = 8.775.188,3376 E = 704.947,5850 Cota = 401,20m
			Nº de golpes	Gráfico		CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL		
Nível d'água				10	20	30	40	
400,39								
400	1		2 2 2	4/28				Areia (fina a média) pouco siltosa, amarela Pouco compacta a medianamente compacta
	2		2 3 2	5				
	3		3 5 7	12				
	3,60		3 8 9	17				Areia média pouco siltosa, com poucos pedregulhos finos, amarela
	3,85		3 8 9	8				Areia média pouco siltosa, amarela Medianamente compacta
	5,00		2 3 5	8				
395	6		4 4 4	13				Areia fina pouco siltosa, cinza clara Pouco compacta a medianamente compacta
	7		4 6 7	32				
	7,50		12 17 15	18				Areia (fina a média) pouco siltosa, com pedregulhos grossos, cinza clara Compacta
	9,00		4 8 10	15				Areia (fina a média) pouco siltosa, com poucos pedregulhos médios, cinza clara Medianamente compacta
	10,75		4 7 8	26				Areia fina pouco siltosa, cinza clara Compacta
390	11		8 11 15	26				Areia grossa pouco siltosa, com pedregulhos grossos, cinza clara Compacta
	11,95		11 15 11	22				
	12,60		8 10 12	23				Areia fina pouco siltosa, cinza clara Compacta
			7 10 13	21				
			7 9 12					
385			15 15 15					
CONTINUA NA PRÓXIMA FOLHA								
NÍVEL D'ÁGUA	DATA	HORA	PROFUNDIDADE (m)	Avanço (m)		Lavagem por tempo		
	21/01/2016	14:15	2,83	Trado	0,00 a 3,00	t(min)	intervalo (m)	avanço (cm)
	21/01/2016	14:25	2,74	Lavagem	3,45 a 25,00	10	-	-
	21/01/2016	14:35	2,72	Revestimento	0,00 a 6,00	10	-	-
	25/01/2016	08:10	0,81	AMOSTRA NÃO RECUPERADA		10	-	-

		PBS SONDAGENS E PERFURAÇÕES DE SOLOS LTDA Rua Itapiranga, 194 - Vila Floresta - Santo André / SP Tel: (11) 4426-3581 / (11) 4422-6987 CREA-SP: 0849223 - www.pbssondagens.com.br	
Cliente VETEC ENGENHARIA			
Local ROD. BA-160 - XIQUE-XIQUE / BA			
Escala: 1:100	Data: 01/02/2016	Des. F.S.O.	Geol. Walter Franco de Araújo CREA 5063488646
SONDAGEM		SP-03 FOLHA 2/2	Início: 21/01/2016
Des.nº L2016-11378		Término: 22/01/2016	
Cotas em relação ao R.N.	Amostra	Profundidade da camada (m)	--- 1ª e 2ª penetrações ● SPT — 2ª e 3ª penetrações — Revestimento
Diâmetro da Perfuração ● Ø 2 1/2" ○ Ø BW ○ Ø 4" ○ Ø NW ○ Ø 6" ○ Ø HW	COORDENADAS N = 8.775.188,3376 E = 704.947,5850 Cota = 401,20m		
Nível d'água	Nº de golpes	Gráfico	CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL
385	7 9 12 15 15 15	21	Areia fina pouco siltosa, cinza clara Compacta
16	3 4 7 15 15 15	11	Argila siltosa, cinza esverdeada Rija
17	4 8 12 15 15 15	20	Argila siltosa, cinza amarelada Dura
18	4 11 13 15 15 15	24	
19	5 10 13 15 15 15	23	
20	5 12 14 15 15 15	26	
21	5 10 15 15 15 15	25	
380	8 12 14 15 15 15	26	LIMITE DA SONDAGEM - Sondagem paralizada por determinação do cliente. De 0,00m a 25,45m - Sedimentos Recentes
22	10 12 13 15 15 15	25	
23	10 13 16 15 15 15	29	
24	13 15 18 15 15 15	33	
375	25,45	25	
NÍVEL D'ÁGUA	DATA	HORA	PROFUNDIDADE (m)
21/01/2016	14:15	2,83	Avanço (m)
21/01/2016	14:25	2,74	Trado 0,00 a 3,00
21/01/2016	14:35	2,72	Lavagem 3,45 a 25,00
25/01/2016	08:10	0,81	Revestimento 0,00 a 6,00
25/01/2016	08:10	0,81	AMOSTRA NÃO RECUPERADA
t(min)	intervalo (m)	avanço (cm)	Lavagem por tempo
10	-	-	10
10	-	-	10
10	-	-	10



		PBS SONDAGENS E PERFURAÇÕES DE SOLOS LTDA Rua Itapiranga, 194 - Vila Floresta - Santo André / SP Tel: (11) 4426-3581 / (11) 4422-6987 CREA-SP: 0849223 - www.pbssondagens.com.br	
Cliente VETEC ENGENHARIA			
Local ROD. BA-160 - XIQUE-XIQUE / BA			
Escala: 1:100	Data: 01/02/2016	Des. ^{to} F.S.O.	Geol. Walter Franco de Araújo CREA 5063488646
SONDAGEM		SP-04 FOLHA 1/2	Início: 25/01/2016
Des.nº L2016-11379		Término: 25/01/2016	
Cotas em relação ao R.N.	Amostra	Profundidade da camada (m)	--- 1ª e 2ª penetrações ● SPT — 2ª e 3ª penetrações — Revestimento
Nível d'água		Nº de golpes	Gráfico 10 20 30 40
		CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL	
401,60	1	2 2 3 18 12 15	5/27 Areia muito fina pouco siltosa, amarela clara Pouco compacta
400	2	2 3 2 15 17 13	5 Areia muito fina pouco siltosa, marrom amarelada Pouco compacta
	3	3 5 7 15 15 15	12 17 22 Areia fina pouco siltosa, amarela Medianamente compacta a compacta
	4	4 7 10 15 15 15	
	5	3 8 14 15 15 15	
	6	7 13 19 15 15 15	32 Areia (fina a média) pouco siltosa, com poucos pedregulhos finos, cinza amarelada
395	7	4 10 18 15 15 15	28 Areia fina pouco siltosa, cinza clara Compacta
	8	5 13 18 15 15 15	31 34 38 Areia fina pouco siltosa, cinza clara Compacta
	9	8 15 19 15 15 15	
	10	11 17 21 15 15 15	
	11	11 19 20 15 15 15	39 Areia fina pouco siltosa, cinza clara Compacta
390	12	11 18 20 15 15 15	38 28 Argila siltosa, com pouca areia fina, amarela escura Muito mole Areia fina pouco siltosa, cinza clara Compacta
	13	8 13 15 15 15 15	
	14	P 1 1 12 20 16	
	15	6 10 15 15 15 15	25 Areia fina pouco siltosa, cinza clara Compacta
CONTINUA NA PRÓXIMA FOLHA			
NÍVEL D'ÁGUA	DATA	HORA	PROFUNDIDADE (m)
	25/01/2016	08:50	1,75
	25/01/2016	09:00	1,70
	25/01/2016	09:10	1,68
	26/01/2016	08:34	0,68
		AMOSTRA NÃO RECUPERADA	
		Avanço (m)	Lavagem por tempo
		Trado 0,00 a 2,00	t(min) intervalo (m) avanço (cm)
		Lavagem 2,45 a 25,00	10 - -
		Revestimento 0,00 a 8,00	10 - -
		10 - -	10 - -

PBS

PBS SONDAGENS E PERFURAÇÕES DE SOLOS LTDA

Rua Itapiranga, 194 - Vila Floresta - Santo André / SP

Tel: (11) 4426-3581 / (11) 4422-6987

CREA-SP: 0849223 - www.pbssondagens.com.br

Ciente

VETEC ENGENHARIA

Local

ROD. BA-160 - XIQUE-XIQUE / BA

Escala: 1:100

Data: 01/02/2016

Des. W F.S.O.

Geol. Walter Franco de Araújo
CREA 5063488646

Des.nº L2016-11379

SONDAGEM

SP-04 FOLHA 2/2

Início: 25/01/2016

Término: 25/01/2016

Cotas em relação ao R.N.

Nível d'água

Amostra

Profundidade da camada (m)

-- 1ª e 2ª penetrações •• SPT

— 2ª e 3ª penetrações — Revestimento

Nº de golpes

Gráfico

CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL

Diâmetro da Perfuração

● Ø 2 ½" ○ Ø BW

○ Ø 4" ○ Ø NW

○ Ø 6 ○ Ø HW

COORDENADAS

N = 8.775.114,3613

E = 705.135,2978

Cota = 402,28m

385

[15]

=

17,70

6 10 15

15 15 15

25

Areia fina pouco siltosa, cinza clara Compacta

380

[16]

=

20,00

10 18 20

15 15 15

38

Argila siltosa, cinza esverdeada Dura

380

[17]

=

23,00

10 17 20

15 15 15

37

Argila siltosa, variegada cinza amarelada Dura

375

[18]

=

25,45

7 50

15 10

50/10

Argila siltosa, com poucos pedregulhos finos e médios, variegada cinza amarelada Dura

375

[19]

=

9 15 30

15 15 15

45

LIMITE DA SONDAGEM - Sondagem paralisada por determinação do cliente.

375

[20]

=

10 15 30

15 15 15

45

De 0,00m a 25,45m - Sedimentos Recentes

375

[21]

=

7 15 19

15 15 15

34

375

[22]

=

6 16 18

15 15 15

34

375

[23]

=

8 17 19

15 15 15

36

375

[24]

=

8 17 23

15 15 15

40

375

[25]

=

10 19 25

15 15 15

44

NÍVEL D'ÁGUA

DATA

HORA

PROFUNDIDADE (m)

Avanço (m)

Lavagem por tempo

25/01/2016

08:50

1,75

Trado

0,00 a 2,00

t(min)

intervalo (m)

avanço (cm)

25/01/2016

09:00

1,70

Lavagem

2,45 a 25,00

10

-

-

25/01/2016

09:10

1,68

Revestimento

0,00 a 8,00

10

-

-

26/01/2016

08:34

0,68

☒ AMOSTRA NÃO RECUPERADA

10

-

-



		PBS SONDAGENS E PERFURAÇÕES DE SOLOS LTDA Rua Itapiranga, 194 - Vila Floresta - Santo André / SP Tel: (11) 4426-3581 / (11) 4422-6987 CREA-SP: 0849223 - www.pbssondagens.com.br					
Cliente VETEC ENGENHARIA							
Local ROD. BA-160 - XIQUE-XIQUE / BA							
Escala: 1:100		Data: 01/02/2016		Des. ^{to} F.S.O.		Geol. Walter Franco de Araújo CREA 5063488646	
SONDAGEM		SP-08 FOLHA 1/2		Início: 26/01/2016		Término: 27/01/2016	
Cotas em relação ao R.N.		Amostra		Profundidade da camada (m)		--- 1ª e 2ª penetrações ● SPT — 2ª e 3ª penetrações — Revestimento	
Nível d'água		N° de golpes		Gráfico		CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL	
400,39		0,40		10 20 30 40		Areia fina siltosa, marrom amarelada	
400		1,90 2,35		5/29 13		Areia muito fina pouco siltosa, amarela clara Pouco compacta	
395		5,00		13 13		Argila siltosa, marrom clara Rija	
390		7,65 8,80		8 13		Areia fina pouco siltosa, amarela Pouco compacta a medianamente compacta	
10,55		4 15		13 17		Areia (fina a média) pouco siltosa, cinza clara Medianamente compacta	
12,40		8 15		13 29		Areia (fina a média) pouco siltosa, com pedregulhos médios, cinza clara Compacta	
13		5 15		23 27		Areia (fina a média) pouco siltosa, amarela Pouco compacta a compacta	
14		10 15		33 24		Areia (fina a média) pouco siltosa, com pedregulhos médios e grossos, amarela Compacta	
15		10 15		41		Areia fina pouco siltosa, cinza clara Compacta a muito compacta	
CONTINUA NA PRÓXIMA FOLHA							
NÍVEL D'ÁGUA	DATA	HORA	PROFUNDIDADE (m)	Avanço (m)		Lavagem por tempo	
	26/01/2016	13:05	3,53	Trado	0,00 a 2,00	t(min)	intervalo (m)
	26/01/2016	13:15	3,40	Lavagem	2,45 a 20,00	10	-
	26/01/2016	13:25	3,38	Revestimento	0,00 a 8,00	10	-
	27/01/2016	07:54	3,09	AMOSTRA NÃO RECUPERADA		10	-

		PBS SONDAGENS E PERFURAÇÕES DE SOLOS LTDA Rua Itapiranga, 194 - Vila Floresta - Santo André / SP Tel: (11) 4426-3581 / (11) 4422-6987 CREA-SP: 0849223 - www.pbssondagens.com.br						
Cliente VETEC ENGENHARIA								
Local ROD. BA-160 - XIQUE-XIQUE / BA								
Escala: 1:100		Data: 01/02/2016		Des. F.S.O.		Geol. Walter Franco de Araújo CREA 5063488646		Des.º L2016-11380
SONDAGEM				SP-08 FOLHA 2/2		Início: 26/01/2016		Término: 27/01/2016
Cotas em relação ao R.N.	Amostra	Profundidade da camada (m)	--- 1ª e 2ª penetrações • SPT — 2ª e 3ª penetrações — Revestimento		Diâmetro da Perfuração • Ø 2 1/2" ○ Ø BW ○ Ø 4" ○ Ø NW ○ Ø 6" ○ Ø HW		COORDENADAS N = 8.774.851,9142 E = 705.785,2891 Cota = 403,48m	
			Nível d'água	Nº de golpes	Gráfico	CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL		
385	15	19,20	9 16 25		Areia fina pouco siltosa, cinza clara Compacta a muito compacta			
	15 15 15							
	16		10 17 25		Areia fina pouco siltosa, com poucos pedregulhos finos, cinza clara Muito compacta			
	15 15 15							
17	10 19 33	LIMITE DA SONDAGEM - Sondagem paralisada por determinação do cliente. De 0,00m a 20,45m - Sedimentos Recentes						
15 15 15								
18	16 29 30							
19	15 25 33							
20	12 22 31							
	20,45							
NIVEL D'ÁGUA		DATA	HORA	PROFUNDIDADE (m)	Avanço (m)		Lavagem por tempo	
		26/01/2016	13:05	3,53	Trado	0,00 a 2,00	t(min)	intervalo (m)
		26/01/2016	13:15	3,40	Lavagem	2,45 a 20,00	10	-
		26/01/2016	13:25	3,38	Revestimento	0,00 a 8,00	10	-
		27/01/2016	07:54	3,09	AMOSTRA NÃO RECUPERADA		10	-



		PBS SONDAGENS E PERFURAÇÕES DE SOLOS LTDA Rua Itapiranga, 194 - Vila Floresta - Santo André / SP Tel: (11) 4426-3581 / (11) 4422-6987 CREA-SP: 0849223 - www.pbssondagens.com.br							
Cliente VETEC ENGENHARIA									
Local ROD. BA-160 - XIQUE-XIQUE / BA									
Escala: 1:100		Data: 16/03/2016		Des. ^{to} D.Y.N.		Geol. Walter Franco de Araújo CREA 5063488646		Des.nº L2016-11940	
SONDAGEM				SP-09 FOLHA 1/1		Início: 10/03/2016		Término: 10/03/2016	
Cotas em relação ao R.N.		Amostra		Profundidade da camada (m)		--- 1ª e 2ª penetrações ● SPT --- 2ª e 3ª penetrações — Revestimento		Diâmetro da Perfuração ● Ø 2 1/2" ○ Ø BW ○ Ø 4" ○ Ø NW ○ Ø 6 ○ Ø HW	
Nível d'água				Nº de golpes		Gráfico		COORDENADAS	
						10 20 30 40		N = 8.774.476,4680 E = 705.964,0864 Cota = 400,37m	
400								CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL	
		0,95		1 1 2		3		Argila siltosa, marrom clara	
		2,60		1 1 1		2		Argila siltosa, marrom amarelada Muito mole a mole	
				2 2 4		6			
395,80				2 2 2		4		Areia muito fina pouco siltosa, amarela Fofa a pouco compacta	
395		5,00		3 3 4		7			
		6,50		6 9 9		18		Areia fina pouco siltosa, amarela Pouco compacta a medianamente compacta	
				6 8 10		18			
		9,65		8 12 13		25		Areia fina pouco siltosa, cinza clara Medianamente compacta a compacta	
390				6 8 10		18			
		11,80		5 8 8		16		Areia fina pouco siltosa, cinza amarelada Medianamente compacta a compacta	
		12,50		7 9 11		20			
				8 8 14		22		Areia fina pouco siltosa, com pedregulhos, cinza amarelada Compacta	
				7 9 12		21			
		15,45		5 8 10		18		Areia fina pouco siltosa, cinza amarelada Medianamente compacta a muito compacta	
385				6 9 13		22			
				15 15 15					
LIMITE DA SONDAGEM - Sondagem paralizada por determinação do cliente. De 0,00m a 0,95m - Aterro De 0,95m a 15,45m - Sedimentos Recentes									
NÍVEL D'ÁGUA	DATA	HORA	PROFUNDIDADE (m)	Avanço (m)		Lavagem por tempo			
	10/03/2016	11:27	4,93	Trado	0,00 a 5,00	t(min)	intervalo (m)	avanço (cm)	
	10/03/2016	11:37	4,85	Lavagem	5,45 a 15,00	10	-	-	
	10/03/2016	11:47	4,78	Revestimento	0,00 a 6,00	10	-	-	
	11/03/2016	07:27	4,57	☒ AMOSTRA NÃO RECUPERADA		10	-	-	



PBS		PBS SONDAGENS E PERFURAÇÕES DE SOLOS LTDA	
		Rua Itapiranga, 194 - Vila Floresta - Santo André / SP Tel: (11) 4426-3581 / (11) 4422-6987 CREA-SP: 0849223 - www.pbssondagens.com.br	
Cliente VETEC ENGENHARIA			
Local ROD. BA-160 - XIQUE-XIQUE / BA			
Escala: 1:100	Data: 22/01/2016	Des. ^{to} F.S.O.	Geol. Walter Franco de Araújo CREA 5063488646
SONDAGEM SP-10 FOLHA 1/2		Início: 08/01/2016	Des.º L2016-11337 Término: 09/01/2016
Cotas em relação ao R.N.	Amostra	Profundidade da camada (m)	--- 1ª e 2ª penetrações ● SPT — 2ª e 3ª penetrações — Revestimento
Nível d'água		Nº de golpes	Gráfico 10 20 30 40 CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL
405	1	2,15	Areia fina pouco siltosa, variegada cinza clara Medianamente compacta
	2		
	3		Areia muito fina siltosa (arenito), cinza clara Muito compacta
	4		
400	5	4,85	Areia fina siltosa, cinza clara Compacta
399,60	6	5,70	Areia fina pouco siltosa, com poucos pedregulhos, cinza clara Medianamente compacta
	7	6,30	Argila siltosa, variegada amarela escura Média
	8	7,10	Areia muito fina siltosa, cinza clara Medianamente compacta a compacta
	9	9,15	
395	10	10,90	Argila siltosa, com pouca areia fina, variegada amarela escura Dura
	11		
	12		Areia (média a grossa) pouco siltosa, com pedregulhos médios, cinza clara Muito compacta
	13		
	14		
390	15	14,75	Areia (fina a média) pouco siltosa, cinza clara Muito compacta
CONTINUA NA PRÓXIMA FOLHA			
NÍVEL D'ÁGUA	DATA	HORA	PROFUNDIDADE (m)
	08/01/2016	10:10	7,69
	08/01/2016	10:20	7,49
	08/01/2016	10:30	7,46
	09/01/2016	08:20	5,60
		Avanço (m)	
		Trado 0,00 a 8,00	
		Lavagem 8,45 a 22,00	
		Revestimento 0,00 a 9,00	
		AMOSTRA NÃO RECUPERADA	
		Lavagem por tempo	
		t(min)	intervalo (m)
		10	-
		10	-
		10	-
		10	-
		avanço (cm)	
		-	
		-	
		-	

		PBS SONDAGENS E PERFURAÇÕES DE SOLOS LTDA Rua Itapiranga, 194 - Vila Floresta - Santo André / SP Tel: (11) 4426-3581 / (11) 4422-6987 CREA-SP: 0849223 - www.pbssondagens.com.br						
Cliente VETEC ENGENHARIA								
Local ROD. BA-160 - XIQUE-XIQUE / BA								
Escala: 1:100		Data: 22/01/2016		Des. ^{to} F.S.O.		Geol. Walter Franco de Araújo CREA 5063488646		Des.º L2016-11337
SONDAGEM				SP-10 FOLHA 2/2		Início: 08/01/2016		Término: 09/01/2016
Cotas em relação ao R.N.		Amostra	Profundidade da camada (m)	--- 1ª e 2ª penetrações ● SPT — 2ª e 3ª penetrações — Revestimento		Diâmetro da Perfuração ● Ø 2 1/2" ○ Ø BW ○ Ø 4" ○ Ø NW ○ Ø 6" ○ Ø HW		COORDENADAS N = 8.774.651,1862 E = 704.463,8671 Cota = 405,20m
Nível d'água				Nº de golpes		Gráfico		CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL
390		15	16,60	14 23 35 15 15 15		58		Areia (fina a média) pouco siltosa, cinza clara Muito compacta
		16		12 25 34 15 15 15		59		
		17		10 19 27 15 15 15		46		
		18		12 21 33 15 15 15		54		
		19		12 20 34 15 15 15		54		Areia (média a grossa) pouco siltosa, com poucos pedregulhos finos a médios, cinza clara Muito compacta
385		20		13 22 36 15 15 15		58		
		21		10 18 28 15 15 15		46		
		22	22,45	13 17 27 15 15 15		44		
LIMITE DA SONDAGEM - Sondagem paralisada por determinação do cliente. De 0,00m a 2,15m - Aterro De 2,15m a 22,45m - Sedimentos Recentes								
NÍVEL D'ÁGUA	DATA	HORA	PROFUNDIDADE (m)	Avanço (m)		Lavagem por tempo		
	08/01/2016	10:10	7,69	Trado 0,00 a 8,00		t(min)	intervalo (m)	avanço (cm)
	08/01/2016	10:20	7,49	Lavagem 8,45 a 22,00		10	-	-
	08/01/2016	10:30	7,46	Revestimento 0,00 a 9,00		10	-	-
	09/01/2016	08:20	5,60	☒ AMOSTRA NÃO RECUPERADA		10	-	-



		PBS SONDAGENS E PERFURAÇÕES DE SOLOS LTDA Rua Itapiranga, 194 - Vila Floresta - Santo André / SP Tel: (11) 4426-3581 / (11) 4422-6987 CREA-SP: 0849223 - www.pbssondagens.com.br						
Cliente VETEC ENGENHARIA								
Local ROD. BA-160 - XIQUE-XIQUE / BA								
Escala: 1:100		Data: 16/03/2016		Des. F.S.O.		Geol. Walter Franco de Araújo CREA 5063488646		Des.nº L2016-11943
SONDAGEM				SP-14 FOLHA 1/2		Início: 11/03/2016		Término: 11/03/2016
Cotas em relação ao R.N.	Amostra	Profundidade da camada (m)	--- 1ª e 2ª penetrações ● SPT --- 2ª e 3ª penetrações — Revestimento		Diâmetro da Perfuração ● Ø 2 1/2" ○ Ø BW ○ Ø 4" ○ Ø NW ○ Ø 6 ○ Ø HW		COORDENADAS N = 8.774.257,3823 E = 705.287,3835 Cota = 404,18m	
Nível d'água			Nº de golpes	Gráfico	CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL			
			10 20 30 40					
402,21	1	0,95	1 2 2 15 15 15	4	Areia muito fina com poucos pedregulhos finos, amarela			
	2		2 2 2 15 15 15	4				
	3		2 2 3 15 15 15	5				
400	4		2 3 4 15 15 15	7	Areia fina pouco siltosa, amarela clara Fofa a pouco compacta			
	5		2 1 2 15 15 15	3				
	6	6,55	1 1 3 15 15 15	3				
	7		3 4 5 15 15 15	9				
	8		7 8 8 15 15 15	16	Areia fina pouco siltosa, cinza clara Medianamente compacta			
395	9	9,50	6 7 8 15 15 15	15				
	10	9,85	8 8 8 15 15 15	16	Areia fina pouco siltosa, com pedregulhos finos, cinza clara			
	11		5 7 8 15 15 15	15				
	12		4 6 9 15 15 15	15				
	13		5 7 10 15 15 15	17	Areia fina pouco siltosa, amarela Medianamente compacta			
390	14		6 7 8 15 15 15	15				
	15	15,25	5 9 10 15 15 15	19	Argila siltosa com pouca areia fina, cinza esverdeada Rija			
CONTINUA NA PRÓXIMA FOLHA								
NÍVEL D'ÁGUA	DATA	HORA	PROFUNDIDADE (m)	Avanço (m)		Lavagem por tempo		
	11/03/2016	07:39	2,45	Trado	0,00 a 2,00	t(min)	intervalo (m)	avanço (cm)
	11/03/2016	07:49	2,30	Lavagem	2,45 a 25,00	10	-	-
	11/03/2016	07:59	2,23	Revestimento	0,00 a 10,50	10	-	-
	12/03/2016	07:55	1,97	☒ AMOSTRA NÃO RECUPERADA		10	-	-

PBS

PBS SONDAGENS E PERFURAÇÕES DE SOLOS LTDA

Rua Itapiranga, 194 - Vila Floresta - Santo André / SP

Tel: (11) 4426-3581 / (11) 4422-6987

CREA-SP: 0849223 - www.pbssondagens.com.br

Ciente

VETEC ENGENHARIA

Local

ROD. BA-160 - XIQUE-XIQUE / BA

Escala: 1:100

Data: 16/03/2016

Des.: F.S.O.

Geol. Walter Franco de Araújo
CREA 5063489646

Des.nº L2016-11943

SONDAGEM

SP-14 FOLHA 2/2

Início: 11/03/2016

Término: 11/03/2016

Cotas em relação ao R.N.

Nível d'água

Amostra

Profundidade da camada (m)

-- 1ª e 2ª penetrações ● SPT

— 2ª e 3ª penetrações — Revestimento

Nº de golpes

Gráfico

Diâmetro da Perfuração

COORDENADAS

● Ø 2 ½"

○ Ø BW

○ Ø 4"

○ Ø NW

○ Ø 6

○ Ø HW

N = 8.774.257,3823

E = 705.287,3835

Cota = 404,18m

CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL

385

15,25

5 9 10

15 15 15

19

Areia fina pouco siltosa, amarela Medianamente compacta

16

6 8 11

15 15 15

19

Argila siltosa com pouca areia fina, cinza esverdeada Rija

17

5 9 13

15 15 15

22

18

7 11 17

15 15 15

28

19

6 15 19

15 15 15

34

20

9 13 22

15 15 15

35

21

7 11 19

15 15 15

30

Argila siltosa com pouca areia fina, amarela escura Dura

22

9 15 24

15 15 15

39

23

6 9 16

15 15 15

25

24

9 17 27

15 15 15

44

25

13 19 32

15 15 15

LIMITE DA SONDAAGEM

De 0,00m a 25,45m - Sedimentos Recentes

NÍVEL D'ÁGUA

DATA

HORA

PROFUNDIDADE (m)

Avanço (m)

Lavagem por tempo

11/03/2016

07:39

2,45

Trado

0,00 a 2,00

t(min)

intervalo (m)

avanço (cm)

11/03/2016

07:49

2,30

Lavagem

2,45 a 25,00

10

-

-

11/03/2016

07:59

2,23

Revestimento

0,00 a 10,50

10

-

-

12/03/2016

07:55

1,97

☒ AMOSTRA NÃO RECUPERADA

10

-

-



 PBS SONDAGENS E PERFURAÇÕES DE SOLOS LTDA Rua Itapiranga, 194 - Vila Floresta - Santo André / SP Tel: (11) 4426-3581 / (11) 4422-6987 CREA-SP: 0849223 - www.pbssondagens.com.br	
Cliente VETEC ENGENHARIA	
Local ROD. BA-160 - XIQUE-XIQUE / BA	
Escala: 1:100	Data: 22/01/2016
Des. D.Y.N.	Geol. Walter Franco de Araújo CREA 5063488646
Des.nº L2016-11338	
SONDAGEM SP-15 FOLHA 1/2	
Início: 11/01/2016	
Término: 12/01/2016	
Cotas em relação ao R.N.	Amostra
Profundidade da camada (m)	1ª e 2ª penetrações SPT 2ª e 3ª penetrações Revestimento
Nível d'água	Diâmetro da Perfuração ● Ø 2 1/2" ○ Ø BW ○ Ø 4" ○ Ø NW ○ Ø 6" ○ Ø HW
COORDENADAS N = 8.774.199,3154 E = 705.400,9543 Cota = 403,50m	
CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL	
Argila siltosa, marrom amarelada	
Areia muito fina siltosa, amarela Medianamente compacta	
Argila, com areia fina, amarela escura Muito mole a média	
Areia fina argilosa, amarela escura Fofa	
Areia fina siltosa, cinza amarelada Compacta	
Areia fina, cinza amarelada Compacta	
Areia (fina a média), cinza clara Compacta	
Areia fina, com pedregulhos médios, cinza clara Muito compacta	
Areia (fina a média), cinza clara Muito compacta	
Areia (fina a média), com pedregulhos médios a grossos, cinza clara Compacta	
CONTINUA NA PRÓXIMA FOLHA	
NIVEL D'ÁGUA	DATA HORA PROFUNDIDADE (m) Avanço (m) Lavagem por tempo
11/01/2016 09:07 5,14 Trado 0,00 a 5,00	t(min) intervalo (m) avanço (cm)
11/01/2016 09:17 5,10 Lavagem 5,45 a 25,00	10 - -
11/01/2016 09:27 5,09 Revestimento 0,00 a 9,00	10 - -
15/01/2016 08:00 5,03 AMOSTRA NÃO RECUPERADA	10 - -

		PBS SONDAGENS E PERFURAÇÕES DE SOLOS LTDA Rua Itapiranga, 194 - Vila Floresta - Santo André / SP Tel: (11) 4426-3581 / (11) 4422-6987 CREA-SP: 0849223 - www.pbssondagens.com.br	
Cliente VETEC ENGENHARIA			
Local ROD. BA-160 - XIQUE-XIQUE / BA			
Escala: 1:100	Data: 22/01/2016	Des. ^{to} D.Y.N.	Geol. Walter Franco de Araújo CREA 5063488646
SONDAGEM		SP-15 FOLHA 2/2	Início: 11/01/2016
Des.nº L2016-11338		Término: 12/01/2016	
Cotas em relação ao R.N.	Amostra	Profundidade da camada (m)	--- 1ª e 2ª penetrações ● SPT — 2ª e 3ª penetrações — Revestimento
Nível d'água		Nº de golpes	Gráfico
			CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL
			Diâmetro da Perfuração ● Ø 2 1/2" ○ Ø BW ○ Ø 4" ○ Ø NW ○ Ø 6" ○ Ø HW
			COORDENADAS N = 8.774.199,3154 E = 705.400,9543 Cota = 403,50m
385	15,30	19 16 12 15 15 15	28
	16,75	7 7 6 15 15 15	13
	18,90	10 13 17 15 15 15	30
	21,95	11 11 14 15 15 15	25
380	25,45	5 11 14 15 15 15	25
		4 9 12 15 15 15	21
		15 15 17 15 15 15	32
		17 19 17 15 15 15	36
		10 15 23 15 15 15	38
		10 18 25 15 15 15	43
		12 18 24 15 15 15	42
LIMITE DA SONDAGEM - Sondagem paralizada por determinação do cliente. De 0,00m a 25,45m - Sedimentos Recentes			
NÍVEL D'ÁGUA	DATA	HORA	PROFUNDIDADE (m)
	11/01/2016	09:07	5,14
	11/01/2016	09:17	5,10
	11/01/2016	09:27	5,09
	15/01/2016	08:00	5,03
		Avanço (m)	
		Trado 0,00 a 5,00	
		Lavagem 5,45 a 25,00	
		Revestimento 0,00 a 9,00	
		☒ AMOSTRA NÃO RECUPERADA	
		Lavagem por tempo	
	t(min)	intervalo (m)	avanço (cm)
	10	-	-
	10	-	-
	10	-	-



		PBS SONDAGENS E PERFURAÇÕES DE SOLOS LTDA Rua Itapiranga, 194 - Vila Floresta - Santo André / SP Tel: (11) 4426-3581 / (11) 4422-6987 CREA-SP: 0849223 - www.pbssondagens.com.br	
Cliente VETEC ENGENHARIA			
Local ROD. BA-160 - XIQUE-XIQUE / BA			
Escala: 1:100	Data: 22/01/2016	Des. F.S.O.	Geol. Walter Franco de Araújo CREA 5063488646
SONDAGEM		SP-16 FOLHA 1/1	Início: 12/01/2016
Des.nº L2016-11332		Término: 12/01/2016	
Cotas em relação ao R.N. Nível d'água	Amostra	Profundidade da camada (m)	--- 1ª e 2ª penetrações ● SPT — 2ª e 3ª penetrações — Revestimento
			Diâmetro da Perfuração ● Ø 2 1/2" ○ Ø BW ○ Ø 4" ○ Ø NW ○ Ø 6" ○ Ø HW
			COORDENADAS N = 8.774.229,4134 E = 704.313,9845 Cota = 405,44m
		Nº de golpes	Gráfico 10 20 30 40
			CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL
405			Areia fina siltosa, amarela escura
			Areia fina argilosa, amarela escura Pouco compacta
402,41			Areia fina argilosa, amarela Medianamente compacta
400			Areia fina siltosa, cinza clara Compacta a muito compacta
			Argila siltosa, com pouca areia fina, variegada cinza amarelada Dura
			Argila siltosa, cinza clara Dura
395			Argila siltosa, variegada cinza amarelada Dura
			LIMITE DA SONDAGEM - Sondagem paralisaada por determinação do cliente. De 0,00m a 10,45m - Sedimentos Recentes
NÍVEL D'ÁGUA	DATA	HORA	PROFUNDIDADE (m)
	12/01/2016	13:10	4,43
	12/01/2016	13:20	4,35
	12/01/2016	13:30	4,34
	13/01/2016	16:54	3,03
			Avanço (m) Trado 0,00 a 4,00 Lavagem 4,45 a 10,00 Revestimento 0,00 a 5,00
			Lavagem por tempo t(min) intervalo (m) avanço (cm)
			10 - - - 10 - - - 10 - - -
			☒ AMOSTRA NÃO RECUPERADA



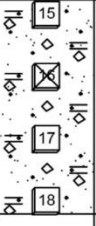
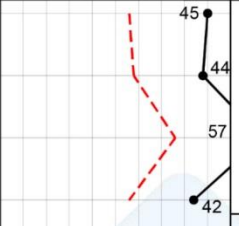
		PBS SONDAGENS E PERFURAÇÕES DE SOLOS LTDA Rua Itapiranga, 194 - Vila Floresta - Santo André / SP Tel: (11) 4426-3581 / (11) 4422-6987 CREA-SP: 0849223 - www.pbssondagens.com.br					
Cliente VETEC ENGENHARIA							
Local ROD. BA-160 - XIQUE-XIQUE / BA							
Escala: 1:100	Data: 22/01/2016	Des. F.S.O.	Geol. Walter Franco de Araújo CREA 5063488646				
SONDAGEM		SP-17 FOLHA 1/1	Início: 07/01/2016				
Des.nº L2016-11333		Término: 07/01/2016					
Cotas em relação ao R.N. Nível d'água	Amostra	Profundidade da camada (m) 1ª e 2ª penetrações 2ª e 3ª penetrações SPT Revestimento	Diâmetro da Perfuração ● Ø 2 1/2" ○ Ø BW ○ Ø 4" ○ Ø NW ○ Ø 6" ○ Ø HW COORDENADAS N = 8.773.685,4440 E = 704.097,2554 Cota = 403,45m				
		Nº de golpes	Gráfico 10 20 30 40				
		CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL					
401,75 400 395 390	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14	0,20 18 51 15 15 9 24 38 15 15 15 50 10 30 50 15 10 10 25 34 15 15 15 4 11 18 15 15 15 4 10 15 15 15 15 4 6 12 15 15 15 4 7 10 15 15 15 5 10 14 15 15 15 7 12 16 15 15 15 14 10 7 15 15 15 3 7 8 15 15 15 9 30 15 3	51/15 62 50/10 50/10 59 29 25 18 17 24 28 17 15 30/3	Argila siltosa, com pouca areia fina, amarela escura Areia muito fina siltosa (arenito), cinza clara Muito compacta Argila, com areia fina, variegada amarela Dura Areia fina argilosa, cinza clara Compacta Areia (fina a média), amarela clara Medianamente compacta a compacta Areia (média a grossa) pouco siltosa, com pedregulhos grossos, cinza clara Compacta Argila siltosa, amarela escura Rija Areia grossa, com pedregulhos grossos, cinza clara Muito compacta LIMITE DA SONDAGEM - Sondagem paralisada por determinação do cliente. De 0,00m a 14,23m - Sedimentos Recentes			
NÍVEL D'ÁGUA	DATA	HORA	PROFUNDIDADE (m)	Avanço (m)	Lavagem por tempo		
	08/01/2016	16:14	1,70	Trado	0,00 a 3,00	t(min)	intervalo (m)
	-	-	-	Lavagem	3,10 a 14,23	10	14,18 a 14,20
	-	-	-	Revestimento	0,00 a 4,00	10	14,20 a 14,22
	-	-	-	AMOSTRA NÃO RECUPERADA		10	14,22 a 14,23
							avanço (cm)
							2
							2
							1



		PBS SONDAGENS E PERFURAÇÕES DE SOLOS LTDA Rua Itapiranga, 194 - Vila Floresta - Santo André / SP Tel: (11) 4426-3581 / (11) 4422-6987 CREA-SP: 0849223 - www.pbssondagens.com.br		
Cliente VETEC ENGENHARIA				
Local ROD. BA-160 - XIQUE-XIQUE / BA				
Escala: 1:100	Data: 02/02/2016	Des. ^{to} F.S.O.	Geol. Walter Franco de Araújo CREA 5063488646	
SONDAGEM		SP-22 FOLHA 1/1	Início: 28/01/2016	
Des.nº L2016-11381		Término: 29/01/2016		
Cotas em relação ao R.N.	Amostra	Profundidade da camada (m)	--- 1ª e 2ª penetrações ● SPT — 2ª e 3ª penetrações — Revestimento	
Diâmetro da Perfuração ● Ø 2 1/2" ○ Ø BW ○ Ø 4" ○ Ø NW ○ Ø 6" ○ Ø HW	COORDENADAS N = 8.773.304,7337 E = 704.889,9556 Cota = 403,20m			
Nível d'água	Nº de golpes	Gráfico 10 20 30 40	CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL	
401,35 400 395 9,70 9,90 390	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	2 5 6 15 15 15 3 5 7 15 15 15 2 4 6 15 15 15 3 6 8 15 15 15 4 6 8 15 15 15 4 8 8 15 15 15 3 6 7 15 15 15 6 10 12 15 15 15 6 9 10 15 15 15 8 12 20 15 15 15 7 13 20 15 15 15 8 13 18 15 15 15	11 12 10 14 14 16 13 22 19 32 33 31	Argila, com areia fina, marrom escura Rija Areia muito fina pouco siltosa, amarela Medianamente compacta Areia fina pouco siltosa, amarela Medianamente compacta Areia fina pouco siltosa, cinza clara Medianamente compacta a compacta Areia (fina a média) pouco siltosa, com pedregulhos médios, cinza clara Areia fina pouco siltosa, cinza amarelada Compacta LIMITE DA SONDAGEM - Sondagem paralísada por determinação do cliente. De 0,00m a 12,45m - Sedimentos Recentes
NÍVEL D'ÁGUA	DATA	HORA	PROFUNDIDADE (m)	
	28/01/2016	16:35	3,35	
	28/01/2016	16:45	3,05	
	28/01/2016	16:55	3,02	
	29/01/2016	07:34	1,85	
Avanço (m)		Lavagem por tempo		
Trado 0,00 a 3,00		t(min)	intervalo (m)	
Lavagem 3,45 a 12,00		10	-	
Revestimento 0,00 a 5,00		10	-	
☒ AMOSTRA NÃO RECUPERADA		10	-	
avanço (cm)		-		



		PBS SONDAGENS E PERFURAÇÕES DE SOLOS LTDA Rua Itapiranga, 194 - Vila Floresta - Santo André / SP Tel: (11) 4426-3581 / (11) 4422-6987 CREA-SP: 0849223 - www.pbssondagens.com.br						
Cliente VETEC ENGENHARIA								
Local ROD. BA-160 - XIQUE-XIQUE / BA								
Escala: 1:100		Data: 21/01/2016		Des. ^{to} F.S.O.		Geol. Walter Franco de Araújo CREA 5063488646		Des.º L2016-11335
SONDAGEM			SP-24 FOLHA 1/2			Início: 14/01/2016		Término: 15/01/2016
Cotas em relação ao R.N.	Amostra	Profundidade da camada (m)	--- 1ª e 2ª penetrações ● SPT — 2ª e 3ª penetrações — Revestimento			Diâmetro da Perfuração ● Ø 2 1/2" ○ Ø BW ○ Ø 4" ○ Ø NW ○ Ø 6" ○ Ø HW		COORDENADAS N = 8.773.356,4919 E = 705.371,8445 Cota = 403,51m
			Nº de golpes	Gráfico		CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL		
Nível d'água				10	20	30	40	
400	1	3,00	2 15 3 15 5 15	8				Argila siltosa, variegada marrom amarelada Média
	2		2 15 4 15 5 15	9				
	3		3 15 5 15 6 15	11				
	4		4 15 6 15 8 15	14				Argila siltosa, variegada cinza amarelada Rija
398,01	5	5,10	5 15 6 15 10 15	16				
	6	6,60	5 15 7 15 12 15	19				Areia fina pouco siltosa, cinza clara Medianamente compacta a compacta
	7	7,80	P 48					Argila siltosa, amarela escura Muito mole
395	8		6 15 14 15 15 15	29				
	9		8 15 14 15 18 15	32				Areia (fina a média) pouco siltosa, cinza amarelada Compacta
	10		5 15 10 15 15 15	25				
	11	11,30	5 15 10 15 18 15	28				Areia (fina a média) pouco siltosa, com pedregulhos médios, cinza clara Compacta
	12	11,80	7 15 12 15 14 15	26				
390	13	13,60	10 15 14 15 18 15	32				Areia fina pouco siltosa, cinza clara Compacta
	14		30 5	30/5				
	15		8 15 20 15 25 15	45				Areia (média a grossa) pouco siltosa, com pedregulhos grossos, cinza clara Muito compacta
CONTINUA NA PRÓXIMA FOLHA								
NÍVEL D'ÁGUA	DATA	HORA	PROFUNDIDADE (m)	Avanço (m)		Lavagem por tempo		
	14/01/2016	13:10	5,86	Trado	0,00 a 6,00	t(min)	intervalo (m)	avanço (cm)
	14/01/2016	13:20	5,74	Lavagem	6,45 a 18,00	10	-	-
	14/01/2016	13:30	5,70	Revestimento	0,00 a 7,50	10	-	-
	15/01/2016	16:54	5,50	☒ AMOSTRA NÃO RECUPERADA		10	-	-

		PBS SONDAGENS E PERFURAÇÕES DE SOLOS LTDA Rua Itapiranga, 194 - Vila Floresta - Santo André / SP Tel: (11) 4426-3581 / (11) 4422-6987 CREA-SP: 0849223 - www.pbssondagens.com.br							
Cliente VETEC ENGENHARIA									
Local ROD. BA-160 - XIQUE-XIQUE / BA									
Escala: 1:100		Data: 21/01/2016		Des. F.S.O.		Geol. Walter Franco de Araújo CREA 5063488646		Des.º L2016-11335	
SONDAGEM				SP-24 FOLHA 2/2		Início: 14/01/2016		Término: 15/01/2016	
Cotas em relação ao R.N.		Amostra		Profundidade da camada (m)		--- 1ª e 2ª penetrações ● SPT — 2ª e 3ª penetrações — Revestimento		Diâmetro da Perfuração ● Ø 2 1/2" ○ Ø BW ○ Ø 4" ○ Ø NW ○ Ø 6" ○ Ø HW	
Nível d'água				Nº de golpes		Gráfico		CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL	
385				18,45				Areia (média a grossa) pouco siltosa, com pedregulhos grossos, cinza clara Muito compacta	
								LIMITE DA SONDAGEM - Sondagem paralisada por determinação do cliente. De 0,00m a 18,45m - Sedimentos Recentes	
NÍVEL D'ÁGUA	DATA	HORA	PROFUNDIDADE (m)	Avanço (m)		Lavagem por tempo			
	14/01/2016	13:10	5,86	Trado	0,00 a 6,00	t(min)	intervalo (m)	avanço (cm)	
	14/01/2016	13:20	5,74	Lavagem	6,45 a 18,00	10	-	-	
	14/01/2016	13:30	5,70	Revestimento	0,00 a 7,50	10	-	-	
	15/01/2016	16:54	5,50	☒ AMOSTRA NÃO RECUPERADA		10	-	-	



		PBS SONDAGENS E PERFURAÇÕES DE SOLOS LTDA Rua Itapiranga, 194 - Vila Floresta - Santo André / SP Tel: (11) 4426-3581 / (11) 4422-6987 CREA-SP: 0849223 - www.pbssondagens.com.br							
Cliente VETEC ENGENHARIA									
Local ROD. BA-160 - XIQUE-XIQUE / BA									
Escala: 1:100		Data: 21/01/2016		Des. ^{to} F.S.O.		Geol. Walter Franco de Araújo CREA 5063488646		Des.º L2016-11336	
SONDAGEM			SP-25 FOLHA 1/1			Início: 15/01/2016		Término: 15/01/2016	
Cotas em relação ao R.N.		Amostra		Profundidade da camada (m)		--- 1ª e 2ª penetrações ● SPT — 2ª e 3ª penetrações — Revestimento		Diâmetro da Perfuração ● Ø 2 1/2" ○ Ø BW ○ Ø 4" ○ Ø NW ○ Ø 6" ○ Ø HW	
Nível d'água				Nº de golpes		Gráfico		COORDENADAS	
						10 20 30 40		N = 8.773.669,5648 E = 705.614,8100 Cota = 404,34m	
								CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL	
								Silte arenoso, amarelo Compacto	
								Areia muito fina pouco siltosa, amarela Medianamente compacta a compacta	
								Areia fina, cinza clara Compacta	
								LIMITE DA SONDAGEM - Sondagem paralizada por determinação do cliente. De 0,00m a 10,45m - Sedimentos Recentes	
NÍVEL D'ÁGUA		DATA	HORA	PROFUNDIDADE (m)	Avanço (m)		Lavagem por tempo		
		15/01/2016	14:10	5,84	Trado 0,00 a 6,00		t(min)	Intervalo (m)	avanço (cm)
		15/01/2016	14:20	5,74	Lavagem 6,45 a 10,00		10	-	-
		15/01/2016	14:30	5,70	Revestimento 0,00 a 7,00		10	-	-
		16/01/2016	10:00	4,80	☒ AMOSTRA NÃO RECUPERADA		10	-	-



		PBS SONDAGENS E PERFURAÇÕES DE SOLOS LTDA Rua Itapiranga, 194 - Vila Floresta - Santo André / SP Tel: (11) 4426-3581 / (11) 4422-6987 CREA-SP: 0849223 - www.pbssondagens.com.br						
Cliente VETEC ENGENHARIA								
Local ROD. BA-160 - XIQUE-XIQUE / BA								
Escala: 1:100		Data: 21/01/2016		Des. ^{to} F.S.O.		Geol. Walter Franco de Araújo CREA 5063488646		Des.º L2016-11331
SONDAGEM			SP-26 FOLHA 1/1			Início: 16/01/2016		Término: 16/01/2016
Cotas em relação ao R.N.	Amostra	Profundidade da camada (m)	--- 1ª e 2ª penetrações ● SPT — 2ª e 3ª penetrações — Revestimento		Diâmetro da Perfuração ● Ø 2 1/2" ○ Ø BW ○ Ø 4" ○ Ø NW ○ Ø 6" ○ Ø HW		COORDENADAS N = 8.773.952,1644 E = 705.841,6091 Cota = 404,04m	
			Nº de golpes	Gráfico		CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL		
Nível d'água				10	20	30	40	
400,96	1	1,50	5 8 10 15 15 15	18				Silte arenoso, amarelo Medianamente compacto
	2	3,00	3 5 7 15 15 15	12				Areia muito fina pouco siltosa, amarela Medianamente compacta
400	3		5 7 8 15 15 15	15				Areia fina, amarela Medianamente compacta a compacta
	4		4 8 9 15 15 15	17				
	5		5 10 22 15 15 15	32				
	6	6,40	7 12 10 15 15 15	22				
	7		7 9 14 15 15 15	23				Areia fina, cinza amarelada Compacta
395	8		7 10 9 15 15 15	19				
	9		8 10 12 15 15 15	22				
	10		7 12 14 15 15 15	26				
	11		8 10 13 15 15 15	23				LIMITE DA SONDAGEM - Sondagem paralisada por determinação do cliente. De 0,00m a 12,45m - Sedimentos Recentes
	12	12,45	8 12 15 15 15 15	27				
390								
NÍVEL D'ÁGUA	DATA	HORA	PROFUNDIDADE (m)	Avanço (m)		Lavagem por tempo		
	16/01/2016	08:10	5,81	Trado	0,00 a 6,00	t(min)	intervalo (m)	avanço (cm)
	16/01/2016	08:20	5,73	Lavagem	6,45 a 12,00	10	-	-
	16/01/2016	08:30	5,70	Revestimento	0,00 a 7,50	10	-	-
	18/01/2016	09:00	3,08	☒ AMOSTRA NÃO RECUPERADA		10	-	-



5. Sondagens a Percussão em Lâmina D'água

Foram executados 04 (quatro) furos de sondagem à percussão SPT sobre lâmina d'água, (descritos em memorial abaixo), conforme NBR 6484/2001, perfazendo um total de 105,80 metros lineares.

Memorial de Cálculo - PERCUSSÃO EM LÂMINA D'ÁGUA					
Ponto	Profund. TOTAL do furo (m)	Prof. Em lâmina d'água (m)	Prof. Em Solo (m)	Início	Término
SP-06	29,45	3,65	25,80	02/03/2016	03/03/2016
SP-11	25,45	1,40	24,05	08/03/2016	09/03/2016
SP-13	25,45	4,05	21,40	09/03/2016	10/03/2016
SP-19	25,45	8,65	16,80	07/03/2016	07/03/2016
Total	105,80	17,75	88,05		

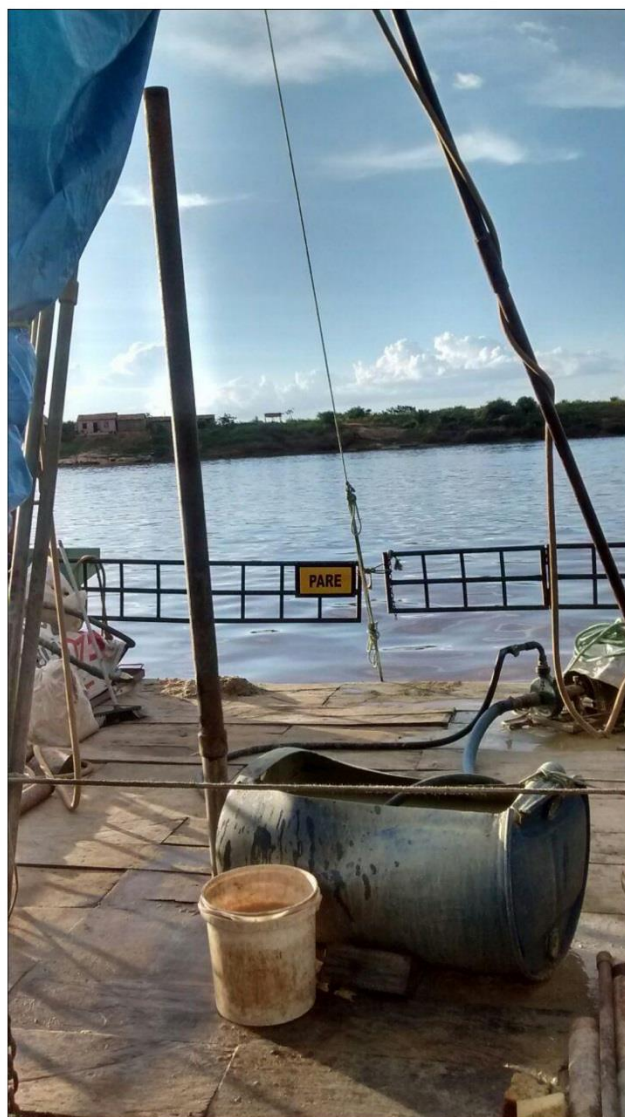
6. METODOLOGIA

As perfurações foram executadas com trado concha até o lençol freático, após foi iniciado a circulação de água protegidas por revestimento 2 1/2" de diâmetro nominal. A extração das amostras foi feita com a cravação de amostrador padrão de 34,9mm (1 x 3/8") e 50,8mm (2") de diâmetro interno e externo, respectivamente em solo.

A resistência à penetração do amostrador padrão foi obtida através da anotação do número de golpes de um peso de 65 kg, que cai em queda livre de 75 cm de altura, para cravar 30cm do amostrador, descrito acima, nas camadas de solo atravessadas. O número obtido fornece a indicação da compacidade (caso dos solos de predominância arenosa ou silto-arenosa) ou da consistência (caso dos solos de predominância argilosa ou silto-argilosa) dos solos em estudo.

		PBS SONDAGENS E PERFURAÇÕES DE SOLOS LTDA Rua Itapiranga, 194 - Vila Floresta - Santo André / SP Tel: (11) 4426-3581 / (11) 4422-6987 CREA-SP: 0849223 - www.pbssondagens.com.br						
Cliente VETEC ENGENHARIA								
Local XIQUE-XIQUE/BA								
Escala: 1:100		Data: 15/03/2016		Des. J.R.B		Geol. Walter Franco de Araújo CREA 5063488646		Des.º L2016-11939
SONDAGEM			SP-06 FOLHA 1/2			Início: 02/03/2016		Término: 03/03/2016
Cotas em relação ao R.N.	Amostra	Profundidade da camada (m)	--- 1ª e 2ª penetrações ● SPT --- 2ª e 3ª penetrações — Revestimento		Diâmetro da Perfuração ● Ø 2 1/2" ○ Ø BW ○ Ø 4" ○ Ø NW ○ Ø 6" ○ Ø HW		COORDENADAS N = 8.774.982,3045 E = 705.465,5580 Cota = 396,00m	
Nível d'água			Nº de golpes	Gráfico	CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL			
				10 20 30 40	Flutuante			
395		0,55			Lâmina D' Água			
	4	3,65	3 4 6 15 15 15	10	Areia (fina a média), pouco siltosa, amarela Medianamente compacta			
	5	5,60	4 4 5 15 15 15	9	Areia (fina a média), pouco siltosa, com pedregulhos frios, amarela Medianamente compacta			
	6	5,95	6 5 6 15 15 15	11	Areia (fina a média), pouco siltosa, amarela Medianamente compacta			
390	7	7,00	5 6 7 15 15 15	13	Areia (fina a média), pouco siltosa, amarela Medianamente compacta			
	8		6 6 7 15 15 15	13	Areia (fina a média), pouco siltosa, amarela clara Medianamente compacta			
	9	9,20	3 4 5 15 15 15	9	Areia (fina a média), pouco siltosa, com pedregulhos grossos, cinza clara Medianamente compacta			
	10	9,85	4 3 4 15 15 15	7				
	11		3 5 5 15 15 15	10				
385	12		4 6 7 15 15 15	13	Areia (fina a média), pouco siltosa, cinza clara Pouco compacta a medianamente compacta			
	13		4 5 6 15 15 15	11				
	14		8 8 7 15 15 15	15				
	15		5 6 7 15 15 15	13				
CONTINUA NA PRÓXIMA FOLHA								
NÍVEL D'ÁGUA	DATA	HORA	PROFUNDIDADE (m)	Avanço (m)		Lavagem por tempo		
	-	-	-	Trado	-	t(min)	intervalo (m)	avanço (cm)
	-	-	-	Lavagem	0,00 a 29,00	10	-	-
	-	-	-	Revestimento	0,00 a 11,00	10	-	-
	-	-	-	☒ AMOSTRA NÃO RECUPERADA		10	-	-

		PBS SONDAGENS E PERFURAÇÕES DE SOLOS LTDA Rua Itapiranga, 194 - Vila Floresta - Santo André / SP Tel: (11) 4426-3581 / (11) 4422-6987 CREA-SP: 0849223 - www.pbssondagens.com.br	
Cliente VETEC ENGENHARIA			
Local XIQUE-XIQUE/BA			
Escala: 1:100	Data: 15/03/2016	Des. J.R.B	Geol. Walter Franco de Araújo CREA 5063488646
SONDAGEM		SP-06 FOLHA 2/2	Início: 02/03/2016
Des.nº L2016-11939		Término: 03/03/2016	
Cotas em relação ao R.N. Nível d'água	Amostra	Profundidade da camada (m)	--- 1ª e 2ª penetrações • SPT — 2ª e 3ª penetrações — Revestimento
			Diâmetro da Perfuração • Ø 2 1/2" ○ Ø BW ○ Ø 4" ○ Ø NW ○ Ø 6" ○ Ø HW
			COORDENADAS N = 8.774.982,3045 E = 705.465,5580 Cota = 396,00m
		Nº de golpes	Gráfico
		10 20 30 40	CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL
380	15	5 6 7	13
	16	15 15 15	14
	17	6 6 8	20
	18	15 15 15	43
	19	6 8 12	
	20	15 15 15	
	21	11 19 24	
	22	15 15 15	
	23	16 27 34	
	24	15 15 15	
	25	23 30 15	
	26	13 22 35	
	27	15 15 15	
	28	10 19 28	
	29	15 15 15	
	30	8 16 24	
	31	15 15 15	
	32	15 26 32	
	33	15 15 15	
	34	14 23 27	
	35	15 15 15	
	36	24 30 9	
	37	13 21 29	
	38	15 15 15	
	39	10 14 19	
	40	15 15 15	
	41	14 18 28	
	42	15 15 15	
	43		
	44		
	45		
	46		
	47		
	48		
	49		
	50		
	51		
	52		
	53		
	54		
	55		
	56		
	57		
	58		
	59		
	60		
	61		
	62		
	63		
	64		
	65		
	66		
	67		
	68		
	69		
	70		
	71		
	72		
	73		
	74		
	75		
	76		
	77		
	78		
	79		
	80		
	81		
	82		
	83		
	84		
	85		
	86		
	87		
	88		
	89		
	90		
	91		
	92		
	93		
	94		
	95		
	96		
	97		
	98		
	99		
	100		
	101		
	102		
	103		
	104		
	105		
	106		
	107		
	108		
	109		
	110		
	111		
	112		
	113		
	114		
	115		
	116		
	117		
	118		
	119		
	120		
	121		
	122		
	123		
	124		
	125		
	126		
	127		
	128		
	129		
	130		
	131		
	132		
	133		
	134		
	135		
	136		
	137		
	138		
	139		
	140		
	141		
	142		
	143		
	144		
	145		
	146		
	147		
	148		
	149		
	150		
	151		
	152		
	153		
	154		
	155		
	156		
	157		
	158		
	159		
	160		
	161		
	162		
	163		
	164		
	165		
	166		
	167		
	168		
	169		
	170		
	171		
	172		
	173		
	174		
	175		
	176		
	177		
	178		
	179		
	180		
	181		
	182		
	183		
	184		
	185		
	186		
	187		
	188		
	189		
	190		
	191		
	192		
	193		
	194		
	195		
	196		
	197		
	198		
	199		
	200		
	201		
	202		
	203		
	204		
	205		
	206		
	207		
	208		
	209		
	210		
	211		
	212		
	213		
	214		
	215		
	216		
	217		
	218		
	219		
	220		
	221		
	222		
	223		
	224		
	225		
	226		
	227		
	228		
	229		
	230		
	231		
	232		
	233		
	234		
	235		
	236		
	237		
	238		
	239		
	240		
	241		
	242		
	243		
	244		
	245		
	246		
	247		
	248		
	249		
	250		
	251		
	252		
	253		
	254		
	255		
	256		
	257		
	258		
	259		
	260		
	261		
	262		
	263		
	264		
	265		
	266		
	267		
	268		
	269		
	270		
	271		
	272		
	273		
	274		
	275		
	276		
	277		
	278		
	279		
	280		
	281		
	282		
	283		
	284		
	285		
	286		
	287		
	288		
	289		
	290		
	291		
	292		
	293		
	294		
	295		
	296		
	297		
	298		
	299		
	300		
	301		
	302		
	303		
	304		
	305		
	306		
	307		
	308		
	309		
	310		
	311		
	312		
	313		
	314		
	315		
	316		
	317		
	318		
	319		
	320		
	321		
	322		
	323		
	324		
	325		
	326		
	327		
	328		
	329		
	330		
	331		
	332		
	333		
	334		
	335		
	336		
	337		
	338		
	339		
	340		
	341		
	342		
	343		
	344		
	345		
	346		
	347		
	348		
	349		
	350		
	351		
	352		
	353		
	354		
	355		
	356		
	357		
	358		
	359		
	360		
	361		
	362		
	363		
	364		
	365		
	366		
	367		
	368		
	369		
	370		
	371		
	372		
	373		
	374		
	375		
	376		



		PBS SONDAGENS E PERFURAÇÕES DE SOLOS LTDA Rua Itapiranga, 194 - Vila Floresta - Santo André / SP Tel: (11) 4426-3581 / (11) 4422-6987 CREA-SP: 0849223 - www.pbssondagens.com.br	
Cliente VETEC ENGENHARIA			
Local ROD. BA-160 - XIQUE-XIQUE / BA			
Escala: 1:100	Data: 16/03/2016	Des. F.S.O.	Geol. Walter Franco de Araújo CREA 5063488646
SONDAGEM		SP-11 FOLHA 1/2	Início: 08/03/2016
Des.nº L2016-11937		Término: 08/03/2016	
Cotas em relação ao R.N. Nível d'água	Amostra	Profundidade da camada (m) --- 1ª e 2ª penetrações ● SPT — 2ª e 3ª penetrações — Revestimento	Diâmetro da Perfuração ● Ø 2 1/2" ○ Ø BW ○ Ø 4" ○ Ø NW ○ Ø 6" ○ Ø HW
		N° de golpes	Gráfico 10 20 30 40
		CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL	
395		0,55	Flutuante
		1,40	Lâmina d'água
	2	1 15 2 15 2 15	Areia fina pouco siltosa, amarela Fofa a pouco compacta
	3	2 15 2 15 1 15	
	4	3 15 3 15 4 15	
	5	4 15 5 15 5 15	Areia fina pouco siltosa, com pedregulhos grossos, cinza clara Medianamente compacta
390	6	4 15 6 15 6 15	Areia fina pouco siltosa, amarela Medianamente compacta
	7	2 15 3 15 3 15	
	8	3 15 3 15 2 15	Areia fina pouco siltosa, com pedregulhos grossos, cinza clara Pouco compacta a medianamente compacta
	9	3 15 4 15 5 15	
	10	5 15 6 15 9 15	Areia fina pouco siltosa, cinza clara Medianamente compacta a compacta
385	11	4 15 5 15 16 15	Areia fina pouco siltosa, com pedregulhos grossos, cinza clara
	12	9 15 9 15 12 15	
	13	7 15 10 15 14 15	Areia muito fina pouco siltosa, cinza clara Compacta
	14	11 15 21 15 23 15	
	15	16 15 23 15 30 10	Argila siltosa com pouca areia fina, cinza amarelada Dura
380			
CONTINUA NA PRÓXIMA FOLHA			
NÍVEL D'ÁGUA	DATA	HORA	PROFUNDIDADE (m)
	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
		Avanço (m)	
		Trado -	
		Lavagem 0,00 a 25,00	
		Revestimento 0,00 a 11,00	
		☒ AMOSTRA NÃO RECUPERADA	
		Lavagem por tempo	
		t(min)	intervalo (m)
		10	-
		10	-
		10	-
		avanço (cm)	
		-	

		PBS SONDAGENS E PERFURAÇÕES DE SOLOS LTDA Rua Itapiranga, 194 - Vila Floresta - Santo André / SP Tel: (11) 4426-3581 / (11) 4422-6987 CREA-SP: 0849223 - www.pbssondagens.com.br							
Cliente VETEC ENGENHARIA									
Local ROD. BA-160 - XIQUE-XIQUE / BA									
Escala: 1:100		Data: 16/03/2016		Des. ^{to} F.S.O.		Geol. Walter Franco de Araújo CREA 5063488646		Des.º L2016-11937	
SONDAGEM				SP-11 FOLHA 2/2		Início: 08/03/2016		Término: 08/03/2016	
Cotas em relação ao R.N.		Amostra		Profundidade da camada (m)		--- 1ª e 2ª penetrações ● SPT --- 2ª e 3ª penetrações — Revestimento		Diâmetro da Perfuração ● Ø 2 1/2" ○ Ø BW ○ Ø 4" ○ Ø NW ○ Ø 6" ○ Ø HW	
Nível d'água				Nº de golpes		Gráfico		COORDENADAS	
								N = 8.774.565,5379 E = 704.647,1015 Cota = 396,40m	
								CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL	
380		15		16 23 30 15 15 10				Argila siltosa com pouca areia fina, cinza amarelada Dura	
		16		19 30 15 7					
		17		21 33 15 15				Argila siltosa com pouca areia fina e poucos pedregulhos finos, variegada marrom amarelada Dura	
		18		47 15					
		19		9 15 27 15 15 15					
		20		8 21 29 15 15 15					
375		21		9 17 24 15 15 15				Argila siltosa com pouca areia fina, amarela Dura	
		22		12 19 25 15 15 15					
		23		11 21 23 15 15 15					
		24		10 15 17 15 15 15				Argila siltosa com pouca areia fina e poucos pedregulhos finos, amarela Dura	
		25		13 19 26 15 15 15				Argila siltosa com pouca areia fina, amarela escura Dura	
370								LIMITE DA SONDAGEM De 1,40m a 25,45m - Sedimentos Recentes	
Obs: Lâmina d'água aferida às 11h07 de 09/03/2016									
NÍVEL D'ÁGUA	DATA	HORA	PROFUNDIDADE (m)	Avanço (m)		Lavagem por tempo			
	-	-	-	Trado	-	t(min)	intervalo (m)	avanço (cm)	
	-	-	-	Lavagem	0,00 a 25,00	10	-	-	
	-	-	-	Revestimento	0,00 a 11,00	10	-	-	
	-	-	-	☒ AMOSTRA NÃO RECUPERADA		10	-	-	



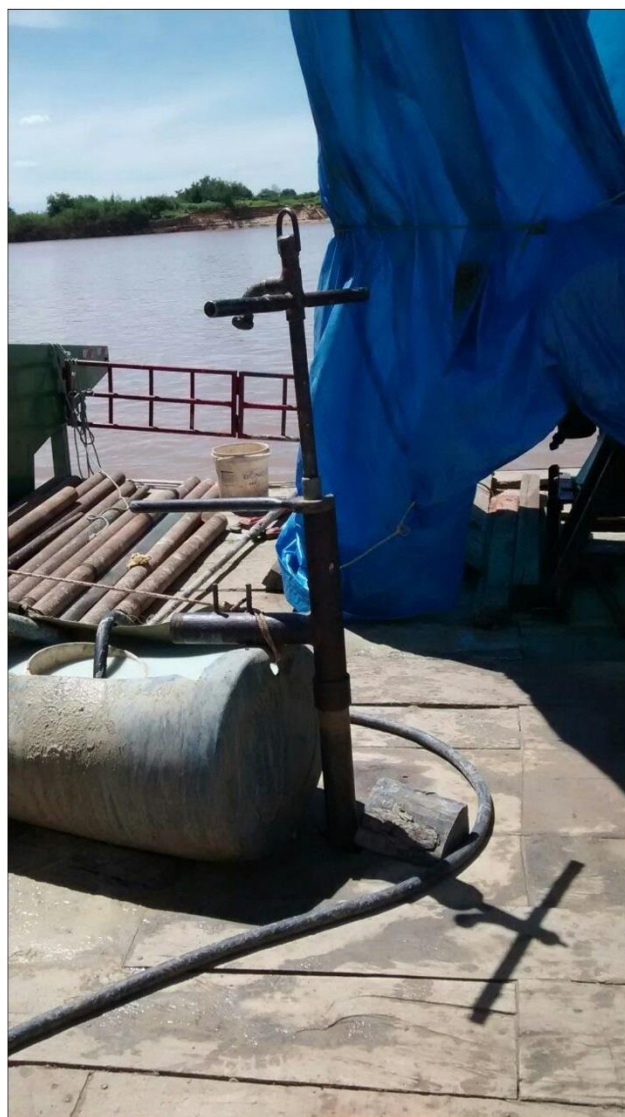
		PBS SONDAGENS E PERFURAÇÕES DE SOLOS LTDA Rua Itapiranga, 194 - Vila Floresta - Santo André / SP Tel: (11) 4426-3581 / (11) 4422-6987 CREA-SP: 0849223 - www.pbssondagens.com.br						
Cliente VETEC ENGENHARIA								
Local ROD. BA-160 - XIQUE-XIQUE / BA								
Escala: 1:100		Data: 16/03/2016		Des. ^{to} F.S.O.		Geol. Walter Franco de Araújo CREA 5063488646		Des.nº L2016-11942
SONDAGEM			SP-13 FOLHA 1/2			Início: 09/03/2016		Término: 10/03/2016
Cotas em relação ao R.N.	Amostra	Profundidade da camada (m)	--- 1ª e 2ª penetrações ● SPT --- 2ª e 3ª penetrações — Revestimento		Diâmetro da Perfuração ● Ø 2 1/2" ○ Ø BW ○ Ø 4" ○ Ø NW ○ Ø 6" ○ Ø HW		COORDENADAS N = 8.774.394,5867 E = 705.008,6631 Cota = 397,70m	
Nível d'água			Nº de golpes	Gráfico	CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL			
				10 20 30 40				
395		0,55			Flutuante			
					Lâmina d'água			
		4,05						
	5		4 4 5	9				
			15 15 15					
	6		3 3 4	7				
			15 15 15					
390	7	7,50	3 4 5	9				
			15 15 15					
	8	7,80	5 5 6	11				
			15 15 15					
	9		3 4 5	9				
			15 15 15					
	10	10,00	3 3 5	8				
			15 15 15					
	11		3 5 7	12				
			15 15 15					
385	12		4 7 11	18				
			15 15 15					
	13		4 6 9	15				
			15 15 15					
	14		4 7 8	15				
			15 15 15					
	15	14,60	5 6 9	15				
			15 15 15					
CONTINUA NA PRÓXIMA FOLHA								
NÍVEL D'ÁGUA	DATA	HORA	PROFUNDIDADE (m)	Avanço (m)		Lavagem por tempo		
	-	-	-	Trado	-	t(min)	intervalo (m)	avanço (cm)
	-	-	-	Lavagem	0,00 a 25,00	10	-	-
	-	-	-	Revestimento	0,00 a 12,00	10	-	-
	-	-	-	☒ AMOSTRA NÃO RECUPERADA		10	-	-

		PBS SONDAGENS E PERFURAÇÕES DE SOLOS LTDA Rua Itapiranga, 194 - Vila Floresta - Santo André / SP Tel: (11) 4426-3581 / (11) 4422-6987 CREA-SP: 0849223 - www.pbssondagens.com.br							
Cliente VETEC ENGENHARIA									
Local ROD. BA-160 - XIQUE-XIQUE / BA									
Escala: 1:100		Data: 16/03/2016		Des. ^{to} F.S.O.		Geol. Walter Franco de Araújo CREA 5063488646		Des.nº L2016-11942	
SONDAGEM				SP-13 FOLHA 2/2		Início: 09/03/2016		Término: 10/03/2016	
Cotas em relação ao R.N.		Amostra		Profundidade da camada (m)		--- 1ª e 2ª penetrações ● SPT — 2ª e 3ª penetrações — Revestimento		Diâmetro da Perfuração ● Ø 2 1/2" ○ Ø BW ○ Ø 4" ○ Ø NW ○ Ø 6" ○ Ø HW	
Nível d'água				Nº de golpes		Gráfico		COORDENADAS	
						10 20 30 40		N = 8.774.394,5867 E = 705.008,6631 Cota = 397,70m	
380		15,75		5 6 9 15 15 15		15		Areia fina pouco siltosa, com poucos pedregulhos médios a grossos, cinza amarelada Medianamente compacta	
		16		12 15 7 15 15 15		22			
		17		10 13 17 15 15 15		30		Areia fina pouco siltosa, cinza amarelada Medianamente compacta a muito compacta	
		18		17 19 23 15 15 15		42			
		19		10 17 26 15 15 15		43		Areia fina pouco siltosa, com poucos pedregulhos, cinza amarelada Muito compacta	
		20		18 36 15 15				Argila siltosa com pouca areia fina e poucos pedregulhos finos, amarela escura Dura	
		21		9 19 28 15 15 15		47		Argila siltosa com pouca areia fina, amarela escura Dura	
375		22,50		6 15 25 15 15 15		40			
		23		8 17 29 15 15 15		46		Areia fina argilosa, variegada amarela escura Muito compacta	
		24		9 18 24 15 15 15		42			
		25		14 22 34 15 15 15				Argila siltosa com pouca areia fina, amarela escura	
370		25,30 25,45						LIMITE DA SONDAGEM De 4,05m a 25,45m - Sedimentos Recentes	
NÍVEL D'ÁGUA	DATA	HORA	PROFUNDIDADE (m)	Avanço (m)		Lavagem por tempo			
	-	-	-	Trado	-	t(min)	intervalo (m)	avanço (cm)	
	-	-	-	Lavagem	0,00 a 25,00	10	-	-	
	-	-	-	Revestimento	0,00 a 12,00	10	-	-	
	-	-	-	☒ AMOSTRA NÃO RECUPERADA		10	-	-	



		PBS SONDAGENS E PERFURAÇÕES DE SOLOS LTDA Rua Itapiranga, 194 - Vila Floresta - Santo André / SP Tel: (11) 4426-3581 / (11) 4422-6987 CREA-SP: 0849223 - www.pbssondagens.com.br						
Cliente VETEC ENGENHARIA								
Local ROD. BA-160 - XIQUE-XIQUE / BA								
Escala: 1:100		Data: 16/03/2016		Des. ^{to} D.Y.N.		Geol. Walter Franco de Araújo CREA 5063488646		Des.nº L2016-11944
SONDAGEM			SP-19 FOLHA 1/2			Início: 06/03/2016		Término: 07/03/2016
Cotas em relação ao R.N.	Amostra	Profundidade da camada (m)	--- 1ª e 2ª penetrações ● SPT — 2ª e 3ª penetrações — Revestimento		Diâmetro da Perfuração ● Ø 2 1/2" ○ Ø BW ○ Ø 4" ○ Ø NW ○ Ø 6 ○ Ø HW		COORDENADAS N = 8.773.485,9084 E = 704.283,6845 Cota = 390,70m	
Nível d'água			Nº de golpes	Gráfico	CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL			
			10 20 30 40					
390		0,55			Flutuante			
					Lâmina d'água			
385								
		8,65 8,95	1 2 2 15 15 15	4	Areia (fina a média) pouco siltosa, cinza clara			
	9		2 2 3 15 15 15	5	Areia fina pouco siltosa, cinza clara Fofa a pouco compacta			
380	10		2 2 2 15 15 15	4				
	11	11,60	11 18 21 15 15 15	39	Argila siltosa, com pouca areia fina, cinza esverdeada Dura			
	12		12 16 24 15 15 15	40				
	13		16 20 32 15 15 15					
	14	14,80	6 9 14 15 15 15	23	Argila, com areia fina, cinza esverdeada Dura			
375	15							
CONTINUA NA PRÓXIMA FOLHA								
NÍVEL D'ÁGUA	DATA	HORA	PROFUNDIDADE (m)	Avanço (m)		Lavagem por tempo		
	-	-	-	Trado	-	t(min)	intervalo (m)	avanço (cm)
	-	-	-	Lavagem	8,65 a 25,00	10	-	-
	-	-	-	Revestimento	0,00 a 12,50	10	-	-
	-	-	-	☒ AMOSTRA NÃO RECUPERADA		10	-	-

		PBS SONDAGENS E PERFURAÇÕES DE SOLOS LTDA Rua Itapiranga, 194 - Vila Floresta - Santo André / SP Tel: (11) 4426-3581 / (11) 4422-6987 CREA-SP: 0849223 - www.pbssondagens.com.br						
Cliente VETEC ENGENHARIA								
Local ROD. BA-160 - XIQUE-XIQUE / BA								
Escala: 1:100		Data: 16/03/2016		Des. D.Y.N.		Geol. Walter Franco de Araújo CREA 5063488646		Des.º L2016-11944
SONDAGEM				SP-19 FOLHA 2/2		Início: 06/03/2016		Término: 07/03/2016
Cotas em relação ao R.N.	Amostra	Profundidade da camada (m)	--- 1ª e 2ª penetrações ● SPT — 2ª e 3ª penetrações — Revestimento			Diâmetro da Perfuração ● Ø 2 1/2" ○ Ø BW ○ Ø 4" ○ Ø NW ○ Ø 6" ○ Ø HW		COORDENADAS N = 8.773.485,9084 E = 704.283,6845 Cota = 390,70m
			Nº de golpes	Gráfico		CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL		
Nível d'água				10	20	30	40	
375	15		6 9 14		23			Argila, com areia fina, cinza esverdeada Dura
	16	16,50	7 10 13		24			Argila, com areia fina e pedregulhos finos, cinza esverdeada
	17	16,95	8 12 16		28			
	18		14 20 25		45			Siltite argiloso, amarelo Duro
	19		12 22 28		50			
370	20	20,00	11 27 30					
	21		10 24 31					
	22		9 26 30					Argila siltosa, com pouca areia fina, variegada amarela escura Dura
	23		12 20 29		49			
	24		12 17 26		43			
365	25	25,45	8 16 27		43			
LIMITE DA SONDAGEM - Sondagem paralisada por determinação do cliente. De 8,65m a 25,45m - Sedimentos Recentes								
Lâmina d'água aferida às 09h36 de 06/03/2016								
NÍVEL D'ÁGUA	DATA	HORA	PROFUNDIDADE (m)	Avanço (m)		Lavagem por tempo		
	-	-	-	Trado	-	t(min)	Intervalo (m)	avanço (cm)
	-	-	-	Lavagem	8,65 a 25,00	10	-	-
	-	-	-	Revestimento	0,00 a 12,50	10	-	-
	-	-	-	☒ AMOSTRA NÃO RECUPERADA		10	-	-



7. Sondagens Rotativas em Lâmina d'água

Foram executados 02 (dois) furos de sondagem rotativa sobre lâmina d'água (Descritos no memorial abaixo), paralisados conforme especificação da contratante, perfazendo um total de 65,90 metros lineares em rocha.

Memorial de Cálculo – ROTATIVA EM LÂMINA D'ÁGUA						
Ponto	Profundidade total do furo (m)	Profundidade em lâmina d'água (m)	Profundidade em solo SPT (m)	Profundidade em rocha (m)	Início	Término
SM-02	25,45	3,40	22,05	-	25/02/2016	25/02/2016
SM-12	40,45	1,95	38,50	-	24/02/2016	27/02/2016
Total	65,90	5,35	60,55			

8. Metodologia

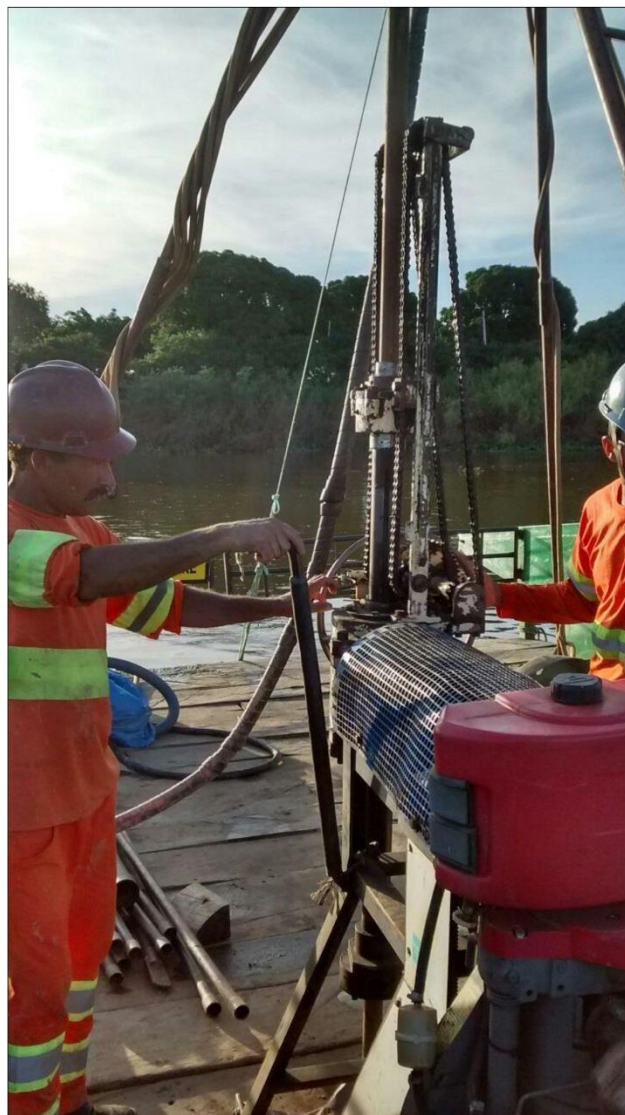
As perfurações foram executadas por sondagem rotativa mista, foi iniciado a perfuração através de barretele duplo ØNWM com coroa diamantada.

A resistência à penetração do amostrador padrão foi obtida através da anotação do número de golpes de um peso de 65 kg, que cai em queda livre de 75 cm de altura, para cravar 30cm do amostrador, descrito acima, nas camadas de solo atravessadas.

O número obtido fornece a indicação da compacidade (caso dos solos de predominância arenosa ou silto-arenosa) ou da consistência (caso dos solos de predominância argilosa ou silto- argilosa) dos solos em estudo.

		PBS SONDAGENS E PERFURAÇÕES DE SOLOS LTDA Rua Itapiranga, 194 - Vila Floresta - Santo André / SP Tel: (11) 4426-3581 / (11) 4422-6987 CREA-SP: 0849223 - www.pbssondagens.com.br	
Cliente VETEC ENGENHARIA			
Local ROD. BA-160 - XIQUE-XIQUE / BA			
Escala: 1:100	Data: 16/03/2016	Des. D.Y.N.	Geol. Walter Franco de Araújo CREA 5063488646
SONDAGEM		SM-02 FOLHA 1/2	Início: 25/02/2016
Des.nº L2016-11938		Término: 25/02/2016	
Cotas em relação ao R.N.	Amostra	Profundidade da camada (m) Profundidade da manobra (m)	1ª e 2ª penetrações 2ª e 3ª penetrações SPT
Nível d'água		Nº de golpes RQD (%)	Recuperação RQD Revestimento
		Gráfico 10 20 30 40	CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL
			Flutuante
			Lâmina d'água
			Areia fina pouco siltosa, amarela Pouco compacta a medianamente compacta
			Areia fina pouco siltosa, com poucos pedregulhos finos, amarela Pouco compacta
			Areia fina pouco siltosa, com pedregulhos grossos, amarela clara Compacta
			Argila siltosa, com pouca areia fina, cinza amarelada Média a dura
CONTINUA NA PRÓXIMA FOLHA			
NÍVEL D'ÁGUA	DATA	HORA	PROFUNDIDADE (m)
			90 70 50 30 xx xx Recuperação (%) Fragmentos / m RECUPERAÇÃO (%) RQD (%)
			Alteração A Coerência C Espaçamento E Preenchimento D Fraturamento F Resistência R Escavação RS-RAD-RAM-REA
			Revestimento Ø NW 0,00 a 25,00 Ø HW - ☒ AMOSTRA NÃO RECUPERADA

 PBS SONDAGENS E PERFURAÇÕES DE SOLOS LTDA Rua Itapiranga, 194 - Vila Floresta - Santo André / SP Tel: (11) 4426-3581 / (11) 4422-6987 CREA-SP: 0849223 - www.pbssondagens.com.br	
Cliente VETEC ENGENHARIA	
Local ROD. BA-160 - XIQUE-XIQUE / BA	
Escala: 1:100	Data: 16/03/2016
Des. nº D.Y.N.	Geol. Walter Franco de Araújo CREA 5063488646
Des. nº L2016-11938	Início: 25/02/2016
Término: 25/02/2016	
SONDAGEM SM-02 FOLHA 2/2	
Cotas em relação ao R.N.	Amostra
Profundidade da camada (m)	Profundidade da manobra (m)
Nível d'água	N° de golpes RQD (%)
380	15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25
375	16,50 16,95 22,00 23,00 25,45
15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25	7 11 17 15 15 15 6 13 18 15 15 15 4 18 20 15 15 15 6 18 21 15 15 15 5 17 22 15 15 15 7 19 26 15 15 15 9 18 28 15 15 15 8 17 27 15 15 15 14 21 29 15 15 15 9 16 24 15 15 15 7 13 22 15 15 15
10 20 30 40	Gráfico
CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL	Argila siltosa, com pouca areia fina, cinza amarelada Média a dura Argila siltosa, com pouca areia fina e poucos pedregulhos finos, amarela escura Argila siltosa, variegada amarela escura Dura Argila siltosa, com pouca areia fina, variegada amarela escura Dura Argila siltosa, cinza amarelada Dura LIMITE DA SONDAGEM - Sondagem paralisaada por determinação do cliente. De 3,40m a 25,45m - Sedimentos Recentes
Lâmina d'água aferida às 08h07 de 25/02/2016	Alteração A Coerência C Espaçamento E Preenchimento D Fraturamento F Resistência R Escavação RS-RAD-RAM-REA
NIVEL D'ÁGUA	DATA HORA PROFUNDIDADE (m)
90 70 50 30 xx xx	Recuperação (%) Fragmentos / m RECUPERAÇÃO (%) RQD (%)
Revestimento Ø NW 0,00 a 25,00 Ø HW - AMOSTRA NÃO RECUPERADA	Alteração A Coerência C Espaçamento E Preenchimento D Fraturamento F Resistência R Escavação RS-RAD-RAM-REA



		PBS SONDAGENS E PERFURAÇÕES DE SOLOS LTDA Rua Itapiranga, 194 - Vila Floresta - Santo André / SP Tel: (11) 4426-3581 / (11) 4422-6987 CREA-SP: 0849223 - www.pbssondagens.com.br							
Cliente VETEC ENGENHARIA									
Local ROD. BA-160 - XIQUE-XIQUE / BA									
Escala: 1:100		Data: 16/03/2016		Des. F.S.O.					
		Geol. Walter Franco de Araújo CREA 5063488646		Des.º L2016-11941					
SONDAGEM			SM-12 FOLHA 1/3		Início: 24/02/2016				
					Término: 27/02/2016				
Cotas em relação ao R.N.	Amostra	Profundidade da camada (m) Profundidade da manobra (m)	--- 1ª e 2ª penetrações — Recuperação — 2ª e 3ª penetrações — RQD • SPT — Revestimento			Diâmetro da Perfuração Ø 2 1/2" Ø BW Ø 4" Ø NW Ø 6" Ø HW			
			Nº de golpes RQD (%)			Gráfico 10 20 30 40	COORDENADAS N = 8.774.478,1349 E = 704.828,1443 Cota = 396,90m		
Nivel d'água						CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL			
		0,55				Flutuante			
		1,95				Lâmina d'água			
395	2		2 15	1 15	2 15	Areia (fina a média) pouco siltosa, amarela Fofa a medianamente compacta			
	3		2 15	3 15	5 15				
	4		3 15	4 15	8 15				
	5		4 15	5 15	7 15				
		5,50				Areia (fina a média) pouco siltosa, com poucos pedregulhos, amarela			
	6		5 15	6 15	8 15				
390	7		5 15	7 15	10 15	Areia fina pouco siltosa, amarela Medianamente compacta			
	8		5 15	6 15	12 15				
		8,60				Areia fina pouco siltosa, com poucos pedregulhos, amarela			
	9		4 15	6 15	10 15				
		8,75				Areia fina pouco siltosa Fofa a medianamente compacta			
	10		2 15	2 15	2 18				
		11,00				Areia (fina a média) pouco siltosa, amarela escura Fofa a pouco compacta			
	11		2 15	3 15	3 15				
385	12		2 15	1 15	2 15	Argila siltosa com pouca areia fina, cinza esverdeada Dura			
	13		8 15	16 15	22 15				
		12,90				Silte argiloso pouco arenoso, com poucos pedregulhos finos, amarelo Duro			
	14		12 15	19 15	25 15				
		14,00							
	15		13 15	22 15	38 15				
			15 15	15 15	15 15				
CONTINUA NA PRÓXIMA FOLHA									
NIVEL D'ÁGUA	DATA	HORA	PROFUNDIDADE (m)	90	70	50	30	xx	xx
	-	-	-	Recuperação (%)					
	-	-	-	Fragmentos / m					
	-	-	-	RECUPERAÇÃO (%)					
	-	-	-	RQD (%)					
Alteração A Coerência C Espacamento E Preenchimento D Fraturamento F Resistência R Escavação RS-RAD-RAM-REA		Revestimento Ø NW 0,00 a 40,45 Ø HW -		☒ AMOSTRA NÃO RECUPERADA					

		PBS SONDAGENS E PERFURAÇÕES DE SOLOS LTDA Rua Itapiranga, 194 - Vila Floresta - Santo André / SP Tel: (11) 4426-3581 / (11) 4422-6987 CREA-SP: 0849223 - www.pbssondagens.com.br						
		Cliente VETEC ENGENHARIA Local ROD. BA-160 - XIQUE-XIQUE / BA Escala: 1:100 Data: 16/03/2016 Des. ^{to} F.S.O. Geol. Walter Franco de Araújo CREA 5063488646  Des. n° L2016-11941 SONDAGEM SM-12 FOLHA 2/3 Início: 24/02/2016 Término: 27/02/2016						
Cotas em relação ao R.N.	Amostra	Profundidade da camada (m)	Profundidade da manobra (m)	--- 1ª e 2ª penetrações — Recuperação — 2ª e 3ª penetrações — RQD • SPT — Revestimento		Diâmetro da Perfuração Ø 2 1/2" Ø BW Ø 4" • Ø NW Ø 6" Ø HW		COORDENADAS N = 8.774.478,1349 E = 704.828,1443 Cota = 396,90m
				Nº de golpes	Gráfico	CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL		
Nível d'água				RQD (%)	10 20 30 40			
380	15			13 22 38		Silte argiloso pouco arenoso, com poucos pedregulhos finos, amarelo Duro		
	16			15 15 15				
	17			21 40				
	18			15 15 15				
	19			14 20 39				
	20			11 19 26		Argila siltosa com pouca areia fina, amarela Dura		
	21			15 15 15				
	22			8 12 25				
	23			15 15 15				
	24			6 13 22				
375	25			6 10 16		Areia fina argilosa, cinza clara Compacta		
	26			15 15 15				
	27			7 11 15				
	28			15 15 15				
	29			9 18 25				
	30			10 20 24		CONTINUA NA PRÓXIMA FOLHA		
	31			11 19 28				
	32			15 15 15				
	33			10 16 21				
	34			9 14 19				
	35			8 17 21		CONTINUA NA PRÓXIMA FOLHA		
	36			15 15 15				
	37			7 10 15				
	38			15 15 15				
	39			12 13 13				
	40			15 15 15				

NÍVEL D'ÁGUA	DATA	HORA	PROFUNDIDADE (m)	90 70 50 30 xx xx	Alteração	A	Revestimento
	-	-	-	Recuperação (%)	Coerência	C	Ø NW 0,00 a 40,45
	-	-	-	Fragmentos / m	Espacamento	E	Ø HW -
	-	-	-	RECUPERAÇÃO (%)	Preenchimento	D	
	-	-	-	RQD (%)	Fraturamento	F	
				Resistência	R		
				Escavação	RS-RAD-RAM-REA		☒ AMOSTRA NÃO RECUPERADA

						PBS SONDAGENS E PERFURAÇÕES DE SOLOS LTDA Rua Itapiranga, 194 - Vila Floresta - Santo André / SP Tel: (11) 4426-3581 / (11) 4422-6987 CREA-SP: 0849223 - www.pbssondagens.com.br							
Cliente VETEC ENGENHARIA													
Local ROD. BA-160 - XIQUE-XIQUE / BA													
Escala: 1:100		Data: 16/03/2016		Des.: F.S.O.		Geol. Walter Franco de Araújo CREA 5063488646						Des.nº L2016-11941	
SONDAGEM SM-12 FOLHA 3/3										Início: 24/02/2016		Término: 27/02/2016	
Cotas em relação ao R.N.	Amostra	Profundidade da camada (m)	--- 1ª e 2ª penetrações — Recuperação — 2ª e 3ª penetrações — RQD ● SPT — Revestimento		Diâmetro da Perfuração		COORDENADAS						
Nível d'água		Profundidade da manobra (m)	Nº de golpes		Gráfico								
			RQD (%)		10	20	30	40					
365	[30]	31,75	12 13 13				26						
	[31]		8 12 14				26						
	[32]		15 15 15										
	[33]	33,50	13 30 30										
	[34]		15 15 10										
	[35]		10 19 28				47						
	[36]	36,70	15 15 15				27						
	[37]		12 12 15				31						
	[38]		15 15 15										
	[39]		11 14 17										
	[40]	40,45	15 15 15										
355			20 26 30										
			15 15 10										
			19 28 36										
			15 15 15										
			22 37										
			15 15										
			25 38										
			15 15										
			45 15										
CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL													
Areia fina argilosa, cinza clara Compacta													
Argila com areia fina, variegada amarela Dura													
Areia fina argilosa, cinza clara Compacta a muito compacta													
Areia fina siltosa, amarela clara Muito compacta													
LIMITE DA SONDEAGEM De 1,95m a 40,45m - Sedimentos Recentes													
Obs: Lâmina d'água aferida às 15h30 de 27/02/2016													
NÍVEL D'ÁGUA	DATA	HORA	PROFUNDIDADE (m)	90	70	50	30	xx	xx	Alteração	A	Revestimento	
-	-	-	-	Recuperação (%)						Coerência	C	Ø NW	0,00 a 40,45
-	-	-	-	Fragmentos / m						Espaçamento	E	Ø HW	-
-	-	-	-	RECUPERAÇÃO (%)						Preenchimento	D		
-	-	-	-	RQD (%)						Fraturamento	F		
										Resistência	R		
										Escavação	RS-RAD-RAM-REA		
										☒ AMOSTRA NÃO RECUPERADA			



SERVIÇOS DE CONSULTORIA

ESTUDOS DE ENGENHARIA E TRÁFEGO

SISTEMA RODOVIÁRIO BA-052

ESTUDOS PRELIMINARES - NOVA PONTE SOBRE
RIO SÃO FRANCISCO

TOMO IV – ESTRUTURAS

REVISÃO 1

ABRIL/2016

Sumário

1. Apresentação.....	4
2. Seção Transversal da Via.....	6
3. Análise das Alternativas de Implantação	7
4. Soluções Estruturais para a Ponte	13
4.1. <i>Supraestrutura</i>	13
4.2. <i>Mesoestrutura</i>	14
4.3. <i>Infraestrutura</i>	14
5. Estimativa de Custos	15

Índice de Figuras

Figura 1 – Seção Transversal da Via.	6
Figura 2 – Alternativas para travessia sobre o rio S. Francisco, entre Barra e Xique-Xique... 8	
Figura 3 - Área inundável na região das alternativas de travessia (TR = 100 anos).....	10
Figura 4 - Seções transversais nos vãos em balanços sucessivos.	13
Figura 5 - Seção transversal trechos correntes.....	14

1. Apresentação

O presente documento tem por objetivo apresentar o Produto 2B – Estudos Preliminares – Nova Ponte sobre o Rio São Francisco, TOMO IV – Estruturas, contendo o estudo de alternativas da nova ponte entre os municípios de Xique-Xique e Barra, no oeste do estado da Bahia, que visa garantir melhores condições de escoamento dos fluxos de veículos atuais e futuros neste eixo. Os estudos foram elaborados para as três alternativas de travessia propostas, conforme descritas no Produto 2B – Estudos Preliminares – Nova Ponte sobre o Rio São Francisco.

A *International Finance Corporation* (IFC), entidade vinculada ao Banco Mundial, focada no desenvolvimento do setor privado, conjuntamente com o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES, uniu esforços com o Estado da Bahia para a estruturação, elaboração de licitação e contratação de uma Concessão/PPP com vistas à operação, recuperação e manutenção do Sistema Rodoviário BA-052, composto por trechos rodoviários que promovem a ligação de Feira de Santana, importante polo urbano, econômico, financeiro, político e cultural da Bahia, com o interior noroeste do estado.

Para os estudos nas áreas de engenharia e tráfego, a IFC contratou a empresa Vetec Engenharia Ltda., conforme Contrato n.º 8005359. Os trabalhos têm por objetivo principal melhorar as condições das rodovias que integram o sistema, visando maior conforto e segurança aos usuários e redução dos custos de transporte, através da minimização dos tempos de viagem e dos custos operacionais associados (combustível, manutenção dos veículos), bem como da redução do número de acidentes, decorrentes da melhoria das características físicas das rodovias de projeto, contribuindo assim para a dinamização econômica e desenvolvimento regional.

O Sistema Rodoviário BA-052 é composto por quatro segmentos de rodovias estaduais (BA-052, BA-148, BA-160 e BA-432), totalizando aproximadamente 688 km de extensão, onde serão desenvolvidos estudos e pesquisas com o propósito de caracterizar a situação física, funcional e operacional do sistema.

Serão abordados, neste relatório, os seguintes tópicos:

- Seção transversal da via;
- Análise das alternativas de implantação;
- Soluções estruturais para a ponte.

2. Seção Transversal da Via

A seção transversal da via, sobre a Ponte, encontra-se ilustrada na Figura 1, abaixo:

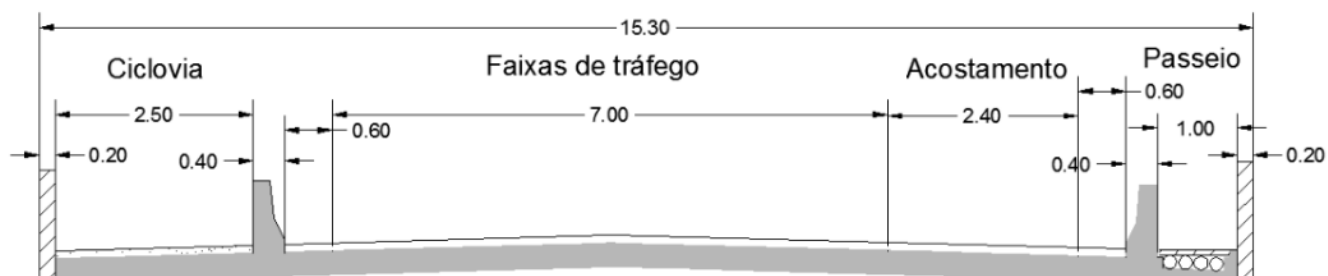


Figura 1 – Seção Transversal da Via.

3. Análise das Alternativas de Implantação

A conclusão das investigações de campo — levantamentos topo-batimétricos e sondagens — bem como dos estudos hidrológicos, geotécnicos e geométricos, permitiu realizar o cotejo entre as alternativas propostas para a travessia sobre o rio São Francisco, dando continuidade à Rodovia BA-160. Essas alternativas, como originalmente apresentadas ao IFC, quando ainda não se dispunha das investigações e estudos retro-mencionados, encontram-se ilustradas na figura 2. Note-se que tanto a alternativa 2 (mais ao norte) quanto a alternativa 3 (mais ao sul) previam, como hipótese, longos trechos em estrada, sobre o terreno (linhas vermelhas para alternativa 2 e azuis para alternativa 3), alternando-se com Obras de Arte nas travessias sobre o rio.

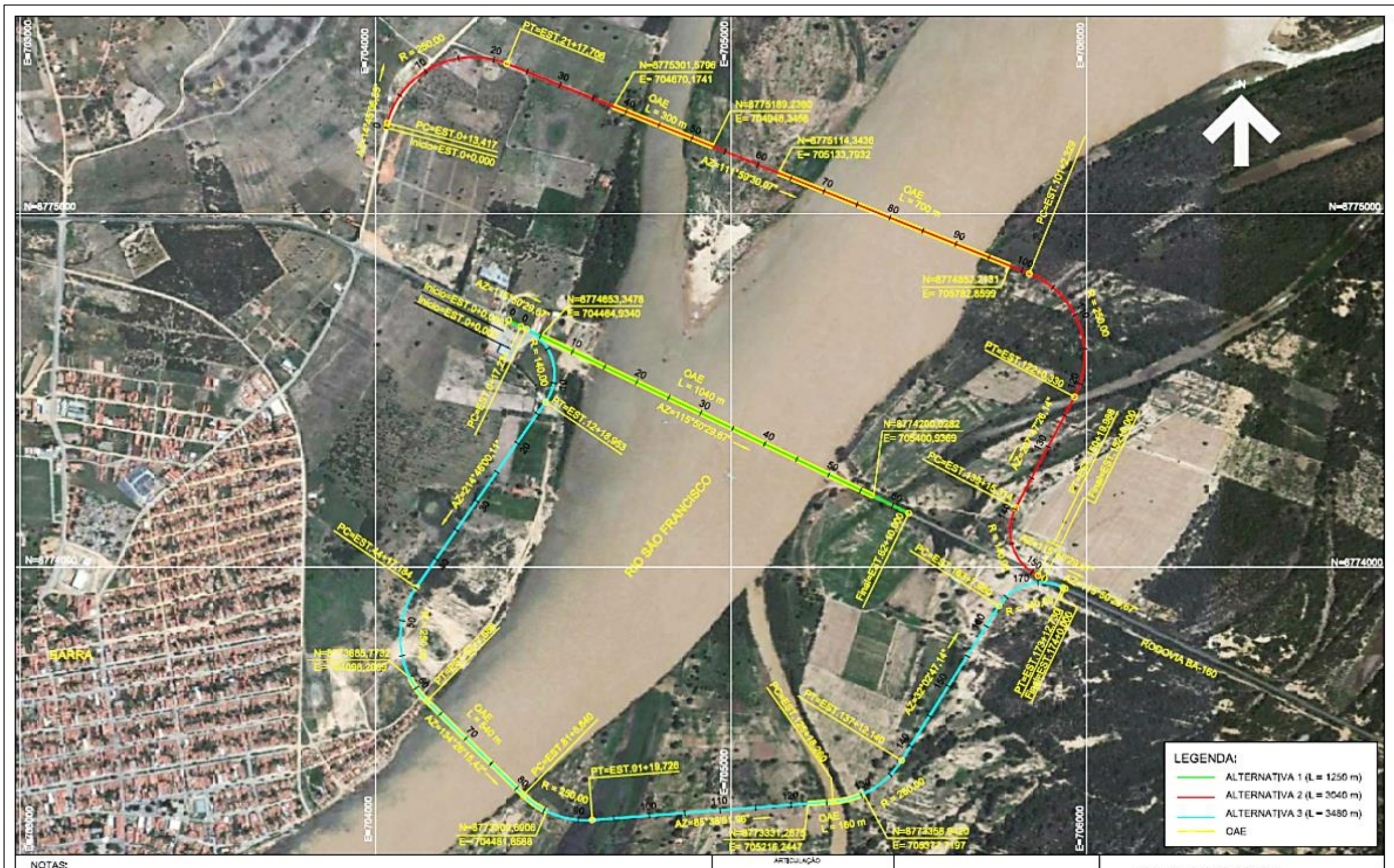


Figura 2 – Alternativas para travessia sobre o rio S. Francisco, entre Barra e Xique-Xique.

Essa hipótese não foi confirmada pelos levantamentos topográficos e pelos estudos hidrológicos. Os primeiros mostraram ser toda a área abrangida pelas alternativas praticamente plana, com níveis do terreno predominantemente entre 402 e 405 metros; os estudos hidrológicos determinaram, para o rio, níveis máximos de 405,30 metros para período de retorno (TR) de 100 anos e de 403,80 para período de retorno de 10 anos. Importante notar que o nível da Rodovia BA-160, para onde todas as alternativas partem e convergem, é +405,20 metros.

A figura 3 ilustra o que foi comentado neste parágrafo. Nela, apresenta-se o contorno das linhas na cota + 405 metros obtidas do levantamento topográfico. Na verdade, essas linhas encontram-se limitadas pela faixa determinada para o levantamento, à direita e à esquerda do eixo da alternativa; se não houvesse essa limitação, a linha limite poderia estender-se mais para o lado da cidade.

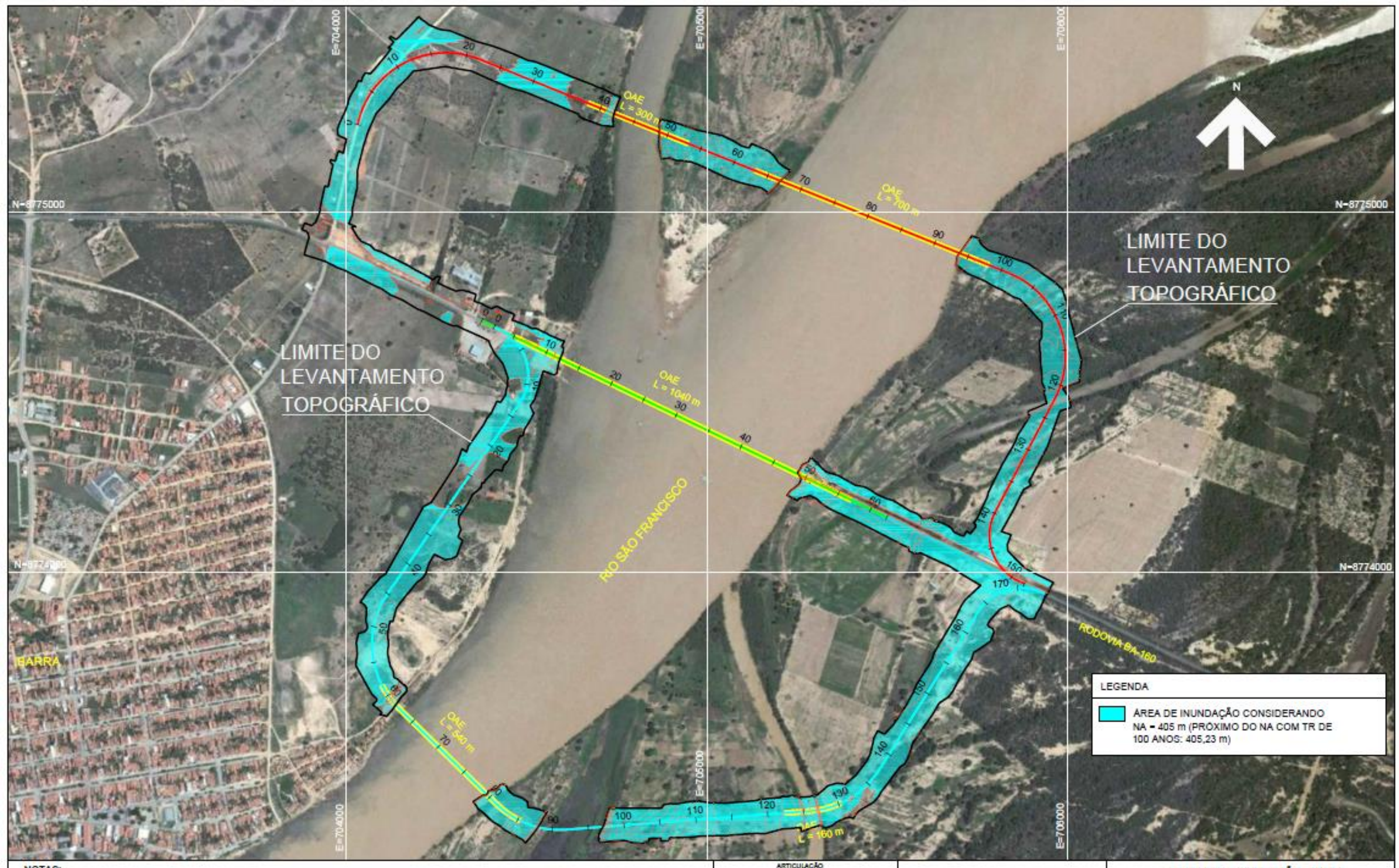


Figura 3 - Área inundável na região das alternativas de travessia (TR = 100 anos)

Esses dados indicam que, para TR = 100 anos, valor que deve ser adotado para o projeto, toda a área é potencialmente inundável e as alternativas 2 e 3 não poderão apresentar trechos em estrada apoiados diretamente sobre o terreno existente. Para manter o leito da estrada acima do nível de enchente, esses trechos deverão ser continuação das obras de arte ou por aterros com alturas da ordem de 2 a 3 metros para alteamento do terreno. A solução em obras de arte onera consideravelmente ambas as alternativas em termos de custo; a possível solução com trechos em aterro poderia implicar estrangulamento da seção de vazão do rio, aumentando os riscos de inundação frequente principalmente na cidade de Barra, que já experimentou inundações em diversas ocasiões.

Outro ponto importante na análise de alternativas diz respeito às fundações da Ponte. As sondagens efetuadas nos três alinhamentos mostraram solos sensivelmente iguais, implicando mesmas soluções para as fundações. Assim, o custo unitário de implantação das fundações, que poderia constituir diferencial eventualmente em favor de alguma delas, não o é, implicando portanto menor custo para a obra mais curta.

Dessa forma, as alternativas 2 e 3 devem ser descartadas, adotando-se como solução a alternativa 1, que não apresenta nenhum dos problemas apontados e, por isso mesmo, tem comprimento muito menor. Apresentam-se desenhos anexos, em escala deformada, que mostram as elevações das três alternativas e respectivos comprimentos, como segue:

Alternativa 1 (ver desenho DE-BA160-17-C11/001): $L = 19 \times 45 + 2 \times (40 + 7) + 80 = 1.029$ metros;

Alternativa 2 (ver desenho DE-BA160-17-C11/002): $L = (20+21) \times 45 + 174 = 2.019$ metros, muito maior que o anterior.

Alternativa 3 ((ver desenho DE-BA160-17-C11/003): $L = 38 \times 45 + 174 = 1.884$ metros, aos quais acrescente-se cerca de 600 metros de aterro para alcançar a BA 160

do lado Xique-Xique. Nesta alternativa poder-se-ia substituir 08 vãos do lado Barra e 4 vãos do lado Xique-Xique, portanto $12 \times 45 = 540$ metros de estrutura, substituindo-os por aterro com altura da ordem de 3 metros. Nesse caso, o comprimento de ponte seria $1.884 - 540 = 1.334$ metros, ainda maior do que o da alternativa 1 e com os inconvenientes apontados pelo estrangulamento da área alagada.

4. Soluções Estruturais para a Ponte

4.1. Supraestrutura

As soluções para a Ponte compreendem dois tipos estruturais para a superestrutura (ver des. DE-BA160-17-C11/004):

- a) Ao longo da própria travessia, para atendimento ao gabarito de navegação (largura = 60 metros; altura = 10 metros, conforme o Tomo I – Estudos Hidrogeológicos, 10.1, página 28), estrutura celular protendida construída em balanços sucessivos, com vão principal central de 80 metros e vãos laterais de 40 metros;

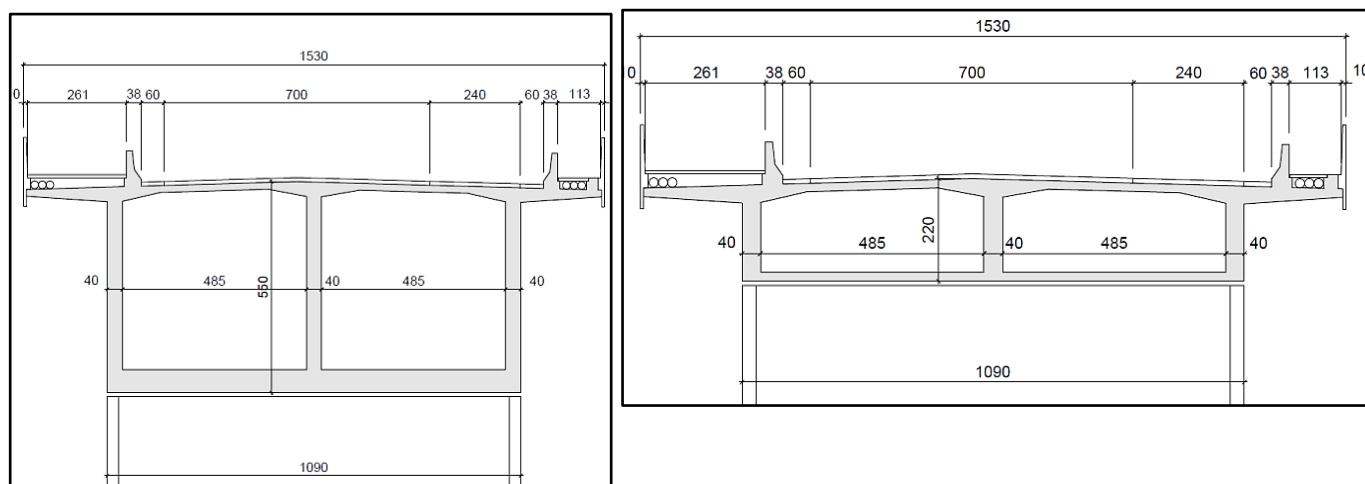


Figura 4 - Seções transversais nos vãos em balanços sucessivos.

- b) Demais vãos, ditos correntes ou de acesso ao vão principal, constituídos por estruturas isostáticas em grelha, formada por 05 (cinco) longarinas pré-moldadas protendidas com comprimento de 45 metros e seção transversal indicada na figura 05. O processo construtivo prevê posicionamento das longarinas sobre as travessas por meio de treliças de lançamento e concretagem da laje no local, sobre lajetas pré-moldadas incorporadas.

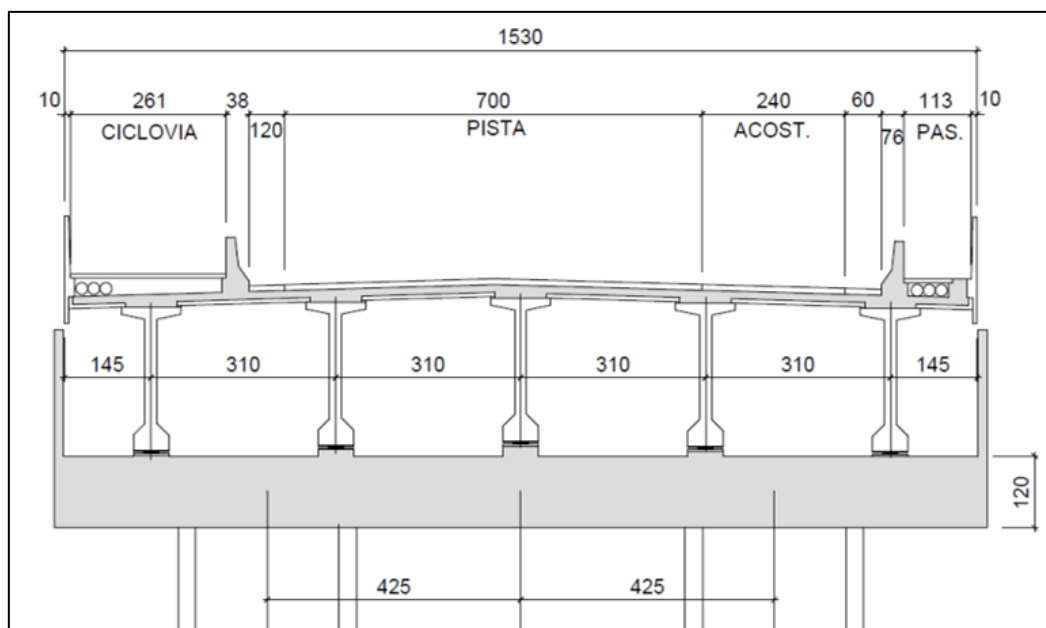


Figura 5 - Seção transversal trechos correntes.

4.2. Mesoestrutura

- a) Apoios do vão central: aparelhos de apoio metálicos sobre torres em concreto armado construídas por meio de formas deslizantes;
- b) Apoios dos vãos correntes: aparelhos de apoio em elastômero fretado, sobre travessas em concreto armado, em forma T invertido para receber, de cada lado, as longarinas dos vãos adjacentes.

4.3. Infraestrutura

O pré-dimensionamento das fundações, baseado nas sondagens efetuadas, conduziu à adoção de fundações em estacas escavadas de diâmetro 120 cm para 400 t, a serem executadas com bentonita nos trechos secos e com camisa metálica nos trechos submersos. A cota de arrasamento das estacas foi estabelecida em +401 metros, correspondente ao nível de permanência do rio igual a 10%, que corresponde a ter-se o nível d'água abaixo dessa cota em 90% do tempo permitindo, pois, o maior tempo possível para execução das estacas a seco.

5. Estimativa de Custos

A tabela a seguir apresenta a estimativa de custos para implantação da obra.

NOTAS:

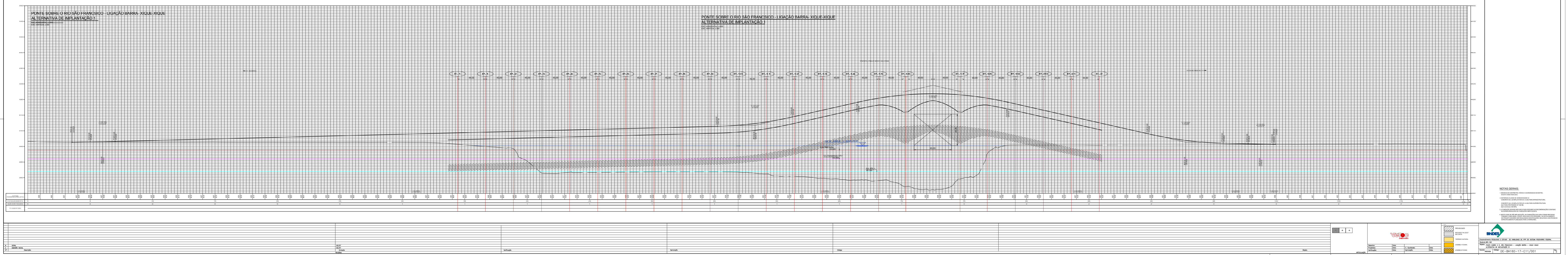
1. A base de preços é o SICRO2/BAHIA (data-base: maio/2015);
2. Os itens que não são contemplados pelo SICRO2/BAHIA foram estimados pela TPU do DER/SP (base de dados junho/2015);
3. Quando não contemplados pela TPU do DER/SP, estimados em função de obras similares.
4. “OUTROS ITENS” refere-se a materiais ou serviços de menor relevância nos custos, não atingindo mais do que cerca de 5% de cada subsistema estrutural, como, por exemplo:
5. Infraestrutura: concreto magro, escavação, reaterro e compactação, instrumentação de estacas, escoramento de fundo de bloco, etc;
6. Mesoestrutura; aparelho de apoio metálico;
7. Superestrutura: carga, transporte e lançamento de placas pré-moldadas do passeio, concreto para Barreira, fabricação, colocação e pintura de guarda-corpo metálico, etc.

Tabela 1 – Estimativa Preliminar de Custos da Alternativa de Travessia 1

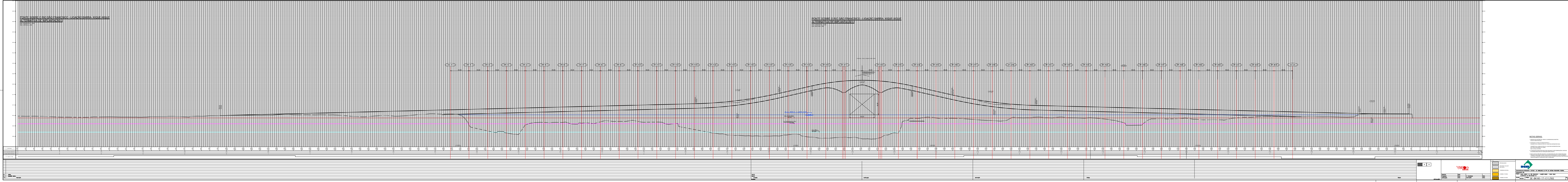
Referência	Código	Discriminação	Unidade	Quantidades	Preços Unitários	Investimento (R\$ maio/2015)
INFRAESTRUTURA						
SICRO Bahia	4 S 03 323 51	Concr.Estr.Fck=25mpa-C.Raz.C/A Dit.Conf.Lanc.Ac/Bc	m³	2.159,36	457,60	R\$ 988.123,14
SICRO Bahia		CRAVAÇÃO DA CAMISA METÁLICA EM MATERIAL DE 1º E 2º CATEGORIA	m	1.209,60	1.363,97	R\$ 1.649.858,11
	4 S 03 353 00	Fornecimento, Preparo E Colocação Formas Aço CA 50	kg	327.602,42	8,94	R\$ 2.928.765,63
DER SP	26.02.14.99	ESTACAO D=1,20M - CARGA ADMISSÍVEL 400tf	m	1.747,20	1.898,44	R\$ 3.316.954,37
		Fornecimento, Montagem E Desmontagem De Contraventamento Das Estacas	kg	168.618,24	21,14	R\$ 3.564.589,59
DER SP	26.02.20.99	Camisa Metálica (Apenas Para Concretagem Submersa)	kg	455.777,28	9,17	R\$ 4.179.477,66
		FORNECIMENTO E TRANSPORTE LOCAL DA CAMISA METÁLICA D=1200mm #1/2"	kg	455.777,28	9,35	R\$ 4.261.517,57
		Apoio Náutico Para Infraestrutura	gl	1,00	16.520.000,00	R\$ 16.520.000,00
		Outros			1.877.375,85	R\$ 1.877.375,85
Total						R\$ 39.286.661,92
MESOESTRUTURA						
DER SP	26.10.06.99	Fornecimento E Aplicacao de Junta de Dilatacao Jj-99120 ou T-110 Ou Similar.	m	719,71	1.107,91	R\$ 797.376,12
DER SP		Forma Deslizante P/ Execução Dos Pilares	m²	5.565,94	201,85	R\$ 1.123.485,15
	25.09.06.99	Concreto Fck 30 Mpa (Concr.Estr.Fck=30mpa-C.Raz.C/A Dit.Conf.Lanc.Ac/Bc)	m³	4.238,33	532,20	R\$ 2.255.637,31
DER SP	4 S 03 353 00	Fornecimento, Preparo E Colocação Formas Aço CA 50	kg	758.891,39	8,94	R\$ 6.784.489,04
SICRO Bahia		Apoio Náutico Para Mesoestrutura E Superestrutura	gl	1,00	11.144.000,00	R\$ 11.144.000,00
		Outros			1.102.964,11	R\$ 1.102.964,11
Total						R\$ 23.207.951,73
SUPERESTRUTURA						
		Fornecimento, Colocação e Protensão de Ancoragem Ativa Para 9 D=15,2mm (1)	und	568,96	1.829,35	R\$ 1.040.826,98
		Escoramento Especial Em Estruturas Tub. Perfis Metálicos (Aduela De Disparo)	m²	257,04	4.835,22	R\$ 1.242.844,95
		Lançamento De Vigas Com Treliza, Para Vigas De Até 90tf	und	106,40	12.100,00	R\$ 1.287.440,00
SICRO Bahia	2 S 03 371 02	Forma De Placa Compensada Plastificada	m²	53.971,28	64,62	R\$ 3.487.624,34
		Fornecimento, Corte, Colocação E Injeção De Bainha Metálica Di=70 Mm	m	30.178,40	129,45	R\$ 3.906.593,88
DER SP	25.09.07.99	Concreto Fck 35 Mpa	m³	8.599,71	544,04	R\$ 4.678.587,75
		Forn/Desloc/Mont/Desm De Trelizas Para Balanço Sucessivo (Inclusive Liber, Movimentação, Posicionamento E Fixação Das Trelizas)	m²	11.963,28	929,92	R\$ 11.124.893,34
		Fornecimento, Corte E Colocação De Cabos Cp-190 Rb D=15,2 Mm	kg	1.520.515,12	15,30	R\$ 23.263.881,35
SICRO Bahia	4 S 03 353 00	Fornecimento, Preparo E Colocação Formas Aço Ca 50	kg	1.326.231,16	8,94	R\$ 11.856.506,60
		Apoio Náutico Para Mesoestrutura E Superestrutura	gl	1,00	11.144.000,00	R\$ 11.144.000,00
		Outros			3.176.671,28	R\$ 3.176.671,28
Total						R\$ 76.209.870,46

R\$ 138.704.484,11

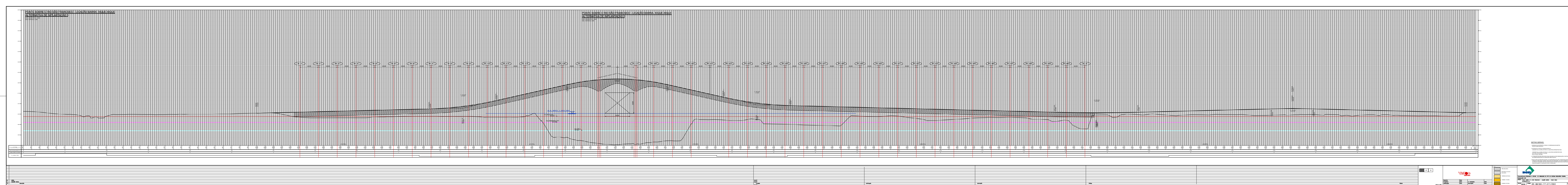
ANEXO I - PONTE SOBRE O RIO SÃO FRANCISCO – LIGAÇÃO BARRA – XIQUE-
XIQUE – ALTERNATIVA DE IMPLANTAÇÃO 01



ANEXO II - PONTE SOBRE O RIO SÃO FRANCISCO – LIGAÇÃO BARRA – XI-
QUE-XIQUE – ALTERNATIVA DE IMPLANTAÇÃO 02

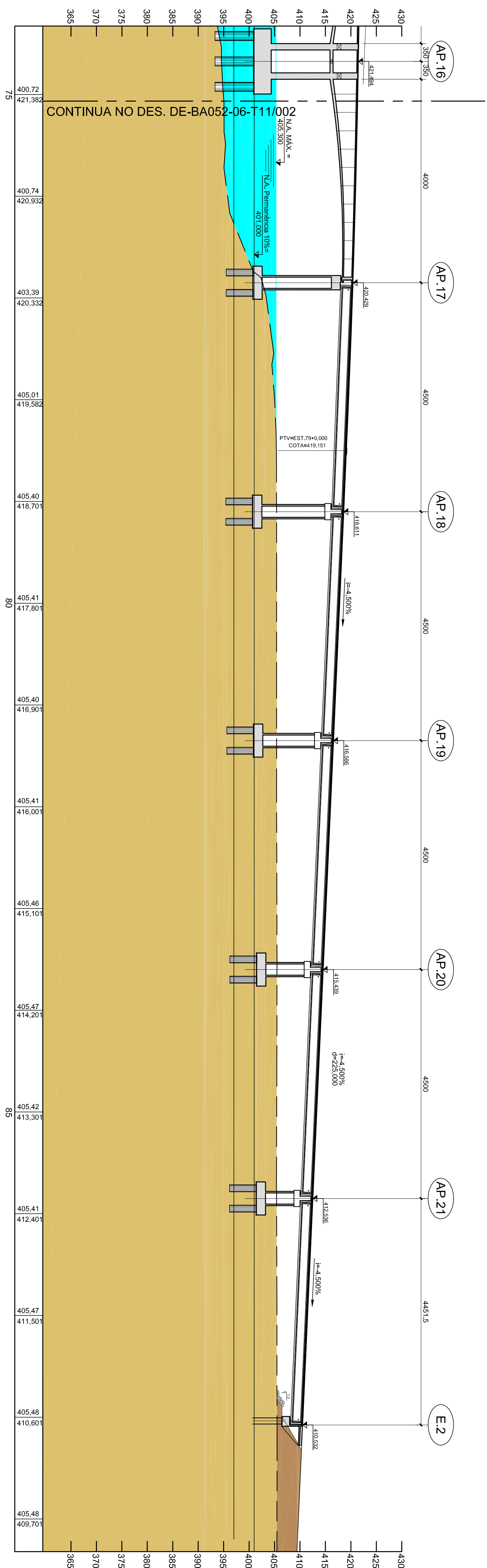


ANEXO III - PONTE SOBRE O RIO SÃO FRANCISCO – LIGAÇÃO BARRA - XI-
QUE-XIQUE – ALTERNATIVA DE IMPLANTAÇÃO 03

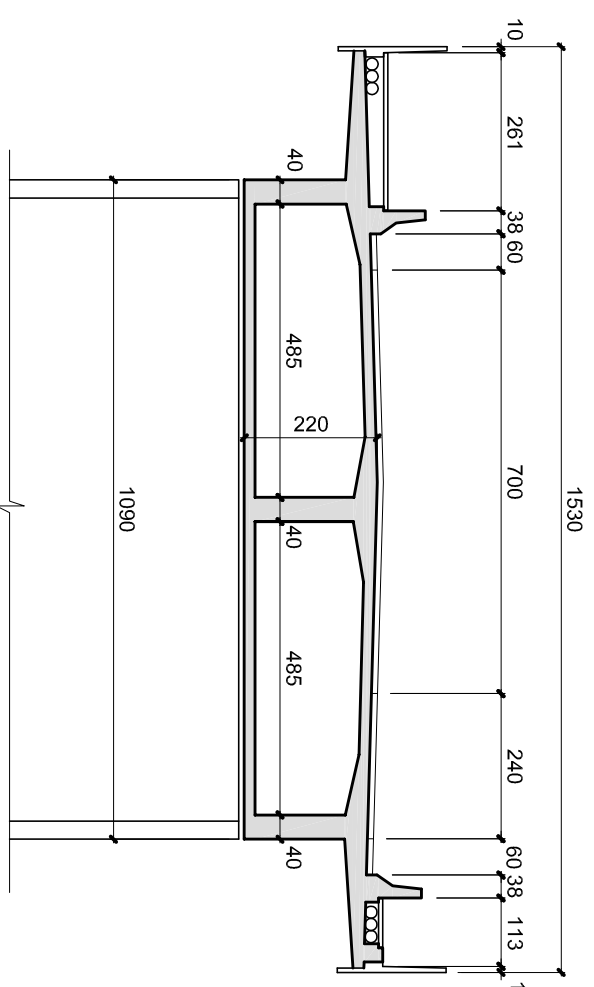


ANEXO IV - PONTE SOBRE O RIO SÃO FRANCISCO – LIGAÇÃO BARRA – XI-
QUE-XIQUE – PERFIL LONGITUDINAL - ALTERNATIVA DE IMPLANTAÇÃO 01

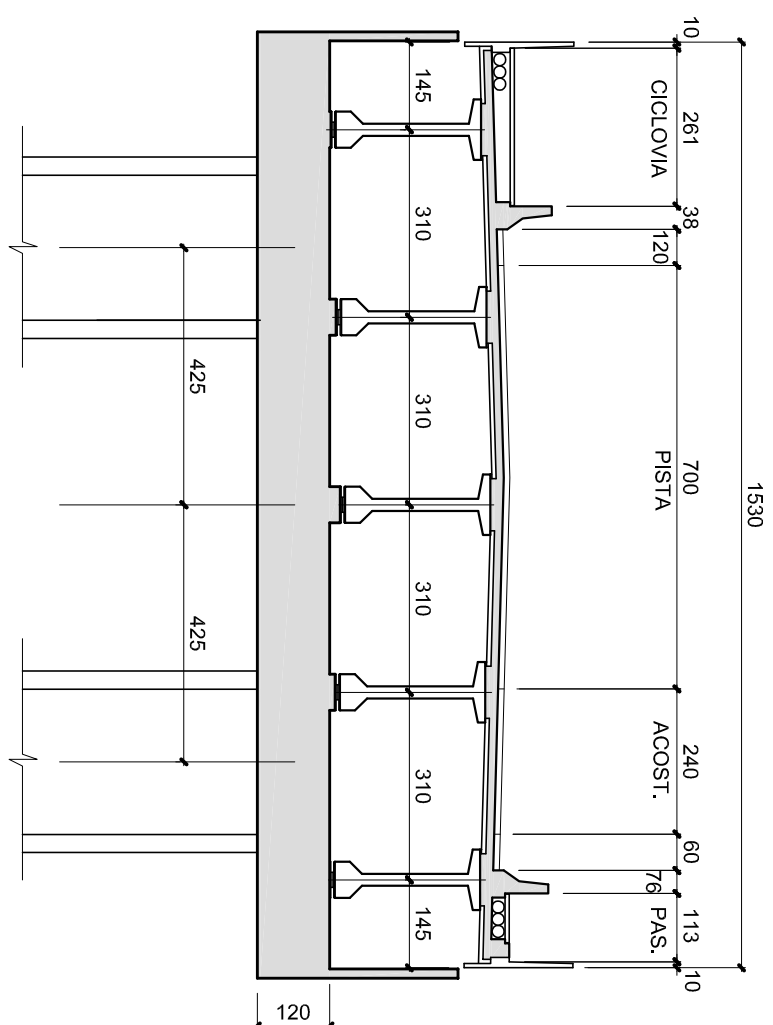
ESC. 1:500



ESC. 1:125



ESC. 1:125



1. MEDIDAS EM CENTÍMETRO, NÍVEIS E COORDENADAS EM METRO, EXETO ONDE INDICADO;

2. MATERIAIS (CLASSE DE AGRESSIVIDADE III) :
CONCRETO 6x6 ± 36 MPa (FATOR A/C ± 0,80) PARA INFRAESTRUTURA;
CONCRETO 6x6 ± 36 MPa (FATOR A/C ± 0,50) PARA SUPERESTRUTURA;
AÇO PARA PROTENSÃO CP-190 NB;
AÇO CA 50 (Y_k ± 500 MPa).

[illegible]