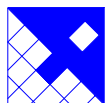




**MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL  
SECRETARIA DE INFRA-ESTRUTURA HÍDRICA**



**INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**



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



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

*PROJETO BÁSICO*

**TRECHO IV – EIXO NORTE  
R5 – GEOLOGIA E GEOTECNIA**



**TRECHO IV – EIXO NORTE  
R5– GEOLOGIA E GEOTECNIA**

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

## ***PROJETO BÁSICO***

### **MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL**

Ministro de Estado da Integração Nacional: **Ciro Ferreira Gomes**

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

Secretário de Infra-Estrutura Hídrica: **Hypérides Pereira de Macêdo**

Coordenador Geral: **João Urbano Cagnin**

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

Diretor: **Luiz Carlos Moura Miranda**

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

Gerente: **José Armando Varão Monteiro**

Coordenador Técnico: **Antônio Carlos de Almeida Vidon**

Coordenador Técnico Adjunto: **Ricardo Antônio Abrahão**

São José dos Campos, março de 2004

Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais - FUNCATE

Projeto de Transposição de Águas do Rio São Francisco para o Nordeste Setentrional – Projeto Básico; Trecho IV – Eixo Norte – R5 – Geologia e Geotecnia. - São José dos Campos: Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais – FUNCATE, 2004.

59p

1. Transposição de Águas; Geologia.
- I. Trecho IV – Eixo Norte – R5 – Geologia e Geotecnia.

CDU 556.18:551

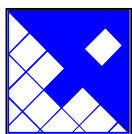
**FUNCATE:**

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

São José dos Campos – SP

CEP: 12210-131

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



**FUNCATE**

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

Projeto	RAA, FB, CRML, GLM	Data	MAR/2004
Verificação	RAA	Data	MAR/2004
Aprovação	ACAV	Data	MAR/2004
Aprovação	JAVM	Data	MAR/2004
Código FUNCATE	EN.B/IV.RF.GL.0001		



**MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL**

Verificação		Data	
Aprovação		Data	

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

**PROJETO BÁSICO**

**TRECHO IV - EIXO NORTE  
R5 - GEOLOGIA E GEOTECNIA**

**Projeto de Transposição de Águas do Rio São Francisco  
para o Nordeste Setentrional**  
*Projeto Básico*

**Equipe**

*José Armando Varão Monteiro: Gerente*

*Antônio Carlos de Almeida Vidon: Coordenador Técnico*

*Ricardo Antônio Abrahão: Coordenador Técnico Adjunto*

*Geverson Luiz Machado: Chefe da Equipe de Geotecnia*  
*Clóvis Ribeiro de Moraes Leme: Engenheiro*

*Frederico Bohnd: Chefe da Equipe de Geologia*

*Rafael Guedes Valença: Chefe da Equipe de Hidráulica*  
*Anibal Young Eléspuru: Engenheiro*

*José Carlos Degaspare: Chefe da Equipe de Estrutura*

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

*Bernd Dieter Lukas: Chefe da Equipe de Engenharia Mecânica*

*Sidnei Collange: Chefe da Equipe de Engenharia Elétrica*

**Equipe de Produção**

*Antonio Carlos Cunha Aguiar – Projetista*

*Antonio Muniz Neto – Projetista*

*Leandro Eboli – Projetista*

*João Luiz Bosso – Projetista*

*Laryssa Lillian Lopes – Técnica em Geoprocessamento*

*Mônica de Lourdes Sampaio – Desenhista Projetista*

**Infra Estrutura e Apoio**

*Ana Julia Cristofani Belli – Secretária*

*Célia Regina Pandolphi Pereira – Assistente Adm. Especializada*

*Andréa Marques Moraes – Aux. Administrativo*

*Maria Aparecida de Souza – Servente*

**Consultor**

*Luiz Antonio Villaça de Garcia*



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

---

### APRESENTAÇÃO

O presente documento se constitui no Relatório R5 – GEOLOGIA E GEOTECNIA, parte integrante do **Projeto Básico do Trecho IV – Eixo Norte**, referente ao PROJETO DE TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO PARA O NORDESTE SETENTRIONAL, elaborado pela FUNCATE através do contrato INPE/FUNCATE nº 01.06.094.0/99.

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

O **Projeto Básico do Trecho IV – Eixo Norte** compõe-se dos seguintes relatórios:

- R1 Descrição do Projeto
- R2 Critérios de Projeto e Memoriais de Cálculo
- R3 Sistema de Drenagem
- R4 Bases Cartográficas
- R5 Geologia e Geotecnia
- R6 Canteiros e Sistema Viário, Cronograma e Orçamentos
- R7 Dossiê de Licitação
- R8 Caderno de Desenhos



ÍNDICE	PG
<b>1 . OBJETO E OBJETIVO</b> .....	<b>1</b>
<b>2 . ESTUDOS ANTERIORES</b> .....	<b>1</b>
<b>3 . INVESTIGAÇÕES</b> .....	<b>1</b>
<b>4 . INTERPRETAÇÃO DOS DADOS OBTIDOS</b> .....	<b>1</b>
4.1 Classificação dos Solos .....	1
4.2 Classificação dos Maciços Rochosos .....	2
4.3 Aspectos Geológicos .....	5
4.3.1 <i>Características Regionais</i> .....	5
4.3.2 <i>Geologia Local</i> .....	5
4.3.3 <i>Unidades Litoestratigráficas</i> .....	5
4.4 Aspectos Estruturais .....	7
<b>5 . CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS DAS OBRAS</b> .....	<b>7</b>
5.1 Generalidades .....	7
5.2 Canais .....	7
5.2.1 <i>Est. 6+400 (Saída da Estrutura de controle) - Est 16+500 (Túnel Tambor)</i> .....	7
5.2.2 <i>Est. 16+850 (Túnel Tambor) – Est 54+750 (Aquad. Lagoa Vermelha)</i> .....	7
5.2.3 <i>Est 55+590 (Aquad. Lagoa Vermelha) – Est. 99+920 (Túnel Major Sales)</i> .....	8
5.2.4 <i>Est. 105+530 (Túnel Major Sales) – Est. 113+650 (Túnel Javaris)</i> .....	8
5.2.5 <i>Est. 114+170 (Túnel Javaris) – Est. 118+300 (Reservatório Angícos)</i> .....	8
5.2.6 <i>Resumo das Espessuras de Escavação</i> .....	8
5.3 Túneis .....	10
5.3.1 <i>Túnel Tambor</i> .....	10
5.3.2 <i>Túnel Major Sales</i> .....	10
5.3.3 <i>Túneis Diamantina e Javaris</i> .....	11
<b>6 . CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b> .....	<b>11</b>
<b>ANEXO I –SONDAGENS MISTAS</b> .....	<b>13</b>
<b>ANEXO II – SONDAGENS À PERCURSSÃO</b> .....	<b>54</b>



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

---

### 1 . OBJETO E OBJETIVO

Este relatório tem por objeto o Projeto de Transposição de Águas do Rio São Francisco para o Nordeste Setentrional. Seu objetivo é o de apresentar os resultados dos estudos geológicos e geotécnicos elaborados para o Projeto Básico do Trecho IV Eixo Norte.

### 2 . ESTUDOS ANTERIORES

A definição dos aspectos gerais da geologia e geotecnia para elaboração do projeto básico deste trecho baseou-se no Estudo de Viabilidade de Transposição do Rio São Francisco (FUNCATE 1999 a 2001) e no Estudo de Transposição de Água do Rio São Francisco para a Região Semi-Árida do Nordeste (DNOS 1983).

As informações contidas nesses estudos encontram-se nos seguintes relatórios:

- R5 Mapeamento Geológico Regional ..... EN.V/G.RT.GL.0232
- R6 Programação Geral dos Trabalhos de Campo..... EN.V/G.RT.GL.0230
- R7 Mapeamento Geológico-Geotécnico das Faixas de Obras ..... EN.V/G.RT.GL.0262
- R13 Pré-Dimensionamento Geotécnico das Obras ..... EN.V/G.RT.GL.0251
- R20 Investigações Geológico-Geotécnicas Complementares..... EN.V/G.RT.GL.1001
- R21 Estudo de Túneis..... EN.V/G.RT.GL.1012
- R9 Geologia e Geotecnia.....EN.B/V.RF.GL.0005
- Sistema adutor principal – Trecho rio Salgado - rio Piranhas - rio Apodi - Estudos Geológicos e Geotécnicos (DNOS).

### 3 . INVESTIGAÇÕES

Os estudos geológicos e geotécnicos do projeto básico foram desenvolvidos segundo metodologias que incluíram a análise dos dados existentes e interpretação geológica de imagens de satélite disponíveis. Nesta etapa não foram feitas investigações adicionais, considerando-se que os dados disponíveis são adequados às condições genéricas de execução do projeto. As sondagens utilizadas na interpretação das condições geológicas e geotécnicas foram obtidas dos estudos anteriores e estão apresentadas no Anexo I.

### 4 . INTERPRETAÇÃO DOS DADOS OBTIDOS

Os dados obtidos nas investigações foram interpretados segundo critérios utilizados em projetos similares, adotando-se parâmetros de rocha e solo já consagrados na engenharia nacional, que serviram para a classificação dos maciços rochosos. No desenho EN.B/IV.DS.GL.0002 estão apresentadas as legendas e convenções geológicas e geotécnicas adotadas no projeto.

#### 4.1 Classificação dos Solos

Os solos foram classificados primeiramente quanto à sua origem geológica, ou seja, solos de alteração ou solos transportados, incluindo os coluviões e aluviões. A descrição tátil-visual dos solos nos perfis de sondagem incluiu a granulometria, definindo o teor das frações areia, argila e silte, a cor e a compactidade e/ou consistência através dos ensaios de penetração tipo SPT realizado a cada metro.





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

### 4.2 Classificação dos Maciços Rochosos

As rochas foram classificadas segundo seu tipo litológico, observando-se a presença e o tipo de estruturas, a mineralogia e os demais parâmetros geomecânicos usualmente empregados e descritos a seguir.

Para a homogeneização na classificação dos maciços rochosos, adotou-se os seguintes parâmetros para o grau de alteração, de fraturamento e de condutividade hidráulica:

**Quadro 4.1 – Classificação de Maciços Rochosos – Parâmetros Classificatórios**

GRAU DE ALTERAÇÃO		
Grau	Denominação	Características
A1	Rocha sã	<ul style="list-style-type: none"><li>– minerais primários sem vestígios de alteração ou com alterações físicas e químicas incipientes</li><li>– juntas ocasionalmente oxidadas</li></ul>
A2	Rocha pouco alterada	<ul style="list-style-type: none"><li>– alteração incipiente dos minerais e ao longo dos planos de fraturas</li><li>– rocha levemente descolorada</li></ul>
A3	Rocha medianamente alterada	<ul style="list-style-type: none"><li>– minerais medianamente alterados e sem brilho</li><li>– fraturas eventualmente preenchidas por material desagregado</li><li>– rocha descolorada ou manchada por óxidos</li></ul>
A4	Rocha muito alterada	<ul style="list-style-type: none"><li>– minerais muito alterados, totalmente sem brilho por vezes pulverulentos e friáveis</li><li>– fraturas preenchidas por material desagregado</li><li>– rocha intensamente descolorada</li></ul>
A5	Rocha extremamente alterada	<ul style="list-style-type: none"><li>– minerais totalmente alterados, tornando-se solo com estruturas preservadas</li><li>– rocha totalmente descolorada</li></ul>

GRAU DE FRATURAMENTO		
Grau	Denominação	Características
F1	Rocha ocasionalmente fraturada	≤ 1 fratura/m
F2	Rocha pouco fraturada	2 a 5 fraturas/m
F3	Rocha medianamente fraturada	6 a 10 fraturas/m
F4	Rocha muito fraturada	11 a 20 fraturas/m
F5	Rocha extremamente fraturada	> 20 fraturas/m



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

CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA		
GRAU	DESIGNAÇÃO	PERDA D'ÁGUA ESPECÍFICA OU COEFICIENTE DE PERMEABILIDADE (K)
H0	Perda nula	Impermeável
H1	Permeabilidade muito baixa	$< 0,1 \text{ l/min.m.atm}$ ou $K < 1 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$
H2	Permeabilidade baixa	$0,1 \text{ a } 1,0 \text{ l/min.m.atm}$ ou $10^{-5} < K < 10^{-4}$
H3	Permeabilidade média	$1,0 \text{ a } 5,0 \text{ l/min.m.atm}$ ou $10^{-4} < K < 5 \times 10^{-4}$
H4	Permeabilidade alta	$5,0 \text{ a } 10,0 \text{ l/min.m.atm}$ ou $5 \times 10^{-4} < K < 10^{-3}$
H5	Permeabilidade muito alta	$> 10,0 \text{ l/min.m.atm}$ ou $K > 10^{-3}$

Tomando-se estes parâmetros seguiu-se o critério estabelecido por Bieniawsky (1989) para a classificação dos maciços rochosos, conforme mostra o **Quadro 4.2**.

**Quadro 4.2 – Classificação de Maciços Rochosos**

CLASSE	GRAU DE FRATURAMENTO (fraturas/m)		GRAU DE ALTERAÇÃO
I	F1	<1	Rocha Sã (A1)
II	F2	1 a 5	Rocha Sã (A1) e Rocha Medianamente Alterada (A2)
	F3	6 a 10	
III	F4	11 a 20	
IV	F5	>20	Rocha Muito Alterada (A3)
V	Fraturamento Obliterado		Rocha Extremamente Alterada (A4)

Para estabelecimento do tipo de suporte em obras subterrâneas, em função da qualidade do maciço rochoso, foi adotado o Sistema Q definido por Barton (1995), utilizando-se, para isso, os parâmetros classificatórios apresentados no **Quadro 4.1**. Além disso, este sistema permite a correlação do valor de Q com a velocidade de propagação das ondas sísmicas P, definida pela equação  $V_p \approx \log Q + 3,5$  (km/s). O **Quadro 4.3** apresenta a correlação aproximada entre  $V_p \times Q \times K$  para rocha dura.

**Quadro 4.3 – Correlação Q x  $V_p$  x K.**

Q =	0,001	0,1	1	10	100
$V_p$ (km/s) $\approx$	1,5	2,5	3,5	4,5	5,5
K (cm/s) =	$10^{-3}$	$10^{-4}$	$10^{-5}$	impermeável	impermeável

A **Figura 4.1** apresenta as classes de maciços e tipos de tratamento definidos pelo sistema Q de Barton (op.cit.), para escavações subterrâneas.



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

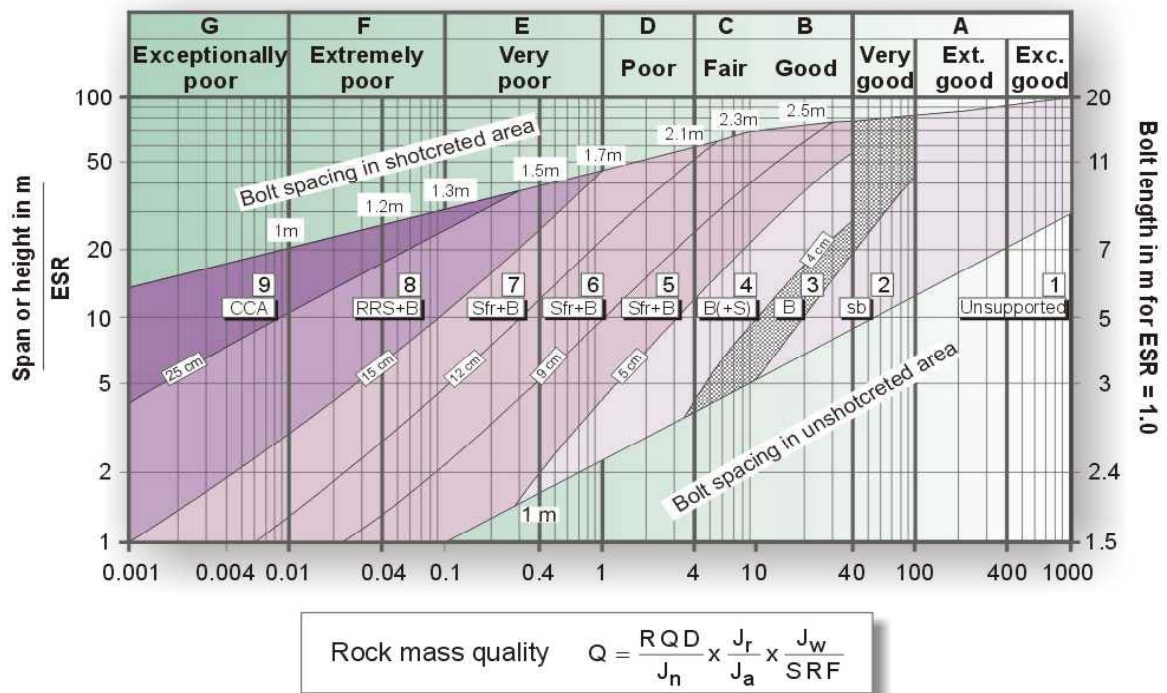


Figura 4.1 – Classificação de Maciços e Classes de Suporte de Túneis, segundo Barton, 1995.

Onde:

**RQD** – Rock Quality Designation

$J_n$  - nº de famílias de juntas

$J_r$  – Índice de rugosidade das juntas

$J_a$  – índice de alteração das juntas

$J_w$  – fator de redução de água das juntas

**SRF** – fator de redução de *stress*

**ESR** – razão de suporte da escavação

**Categorias de Suporte:**

- (1) Sem suporte
- (2) Chumbador eventual (sb)
- (3) Chumbador sistemático (B)
- (4) Chumbador sistemático e concreto projetado, 4-10 cm (B+S)
- (5) Concreto projetado reforçado c/ fibra e chumbador, 5-9 cm (SFr+B)
- (6) Concreto projetado reforçado c/ fibra e chumbador, 9-12 cm (SFr+B)
- (7) Concreto projetado reforçado c/ fibra e chumbador, 12-15 cm (SFr+B)
- (8) Concreto projetado reforçado c/ fibra e chumbador, 5-9 cm (SFr+B)
- (9) Revestimento de concreto formado (CCA)



### 4.3 Aspectos Geológicos

#### 4.3.1 Características Regionais

O Trecho IV encontra-se inserido na Província Borborema na denominada Região de Dobramentos do Nordeste, onde ocorrem terrenos pré-cambrianos, constituídos por rochas metamórficas de baixo a alto grau e rochas ígneas, ocorrendo também coberturas sedimentares fanerozóicas.

A configuração geológica atual desta província é o resultado de eventos tectono-magmáticos ocorridos durante o ciclo Brasileiro, de idade Proterozóica, que geraram um arcabouço estrutural caracterizado por extensos falhamentos com orientação E-W e SW-NE, e dos eventos tectônicos ocorrido no mesozóico, gerando as bacias sedimentares cretáceas do Rio do Peixe e Iguatu, e a bacia jurássica do Araripe durante as fases *pré-rift* e *rift*.

Os esforços tectônicos à que foi submetida a região atravessada pelo Trecho IV, imprimiram às rochas deformações dúcteis e rúpteis, caracterizadas por falhamentos normais e de rejeito direcionais, dobramentos, foliações miloníticas, cataclastos e fraturamentos de origem extensional e de cisalhamento. Essas deformações foram mais intensas no embasamento, tornando-se mais evidentes.

Geograficamente o traçado do canal no Trecho IV atravessa o extremo noroeste do estado da Paraíba em direção norte, inflectindo para ENE a norte do município de Santa Helena até a região de Uiraúna e rumando então para NE até o Rio Grande do Norte, onde deságua no Rio Vaca Morta. O desenho EN.B/IV.DS.GL.0001 mostra a disposição do traçado em relação à geologia regional.

#### 4.3.2 Geologia Local

O contexto geológico da região atravessada pelo Trecho IV está bem definido nas Folha Jaguaribe (CPRM, 2000) e mais simplificado no Projeto Rio Jaguaribe – Folha Orós (CPRM, 1979) e carta geológica do Brasil ao Milionésimo (DNPM, 1974) compreendendo um embasamento cristalino de idade Arqueana a Proterozóica englobado pelo Terreno Granjeiro e pela Faixa Orós-Jaguaribe além de uma cobertura sedimentar fanerozóica representada pela Bacia do Rio do Peixe.

O embasamento foi considerado constituído por rochas metamórficas representadas por ortognaisses tonalítico-granodioríticos, ortognaisses graníticos, bandados, com intercalações anfibolíticas, migmatitos e rochas metaultramáficas (filitos e sericita xistos do Grupo Cachoeirinha). O que se observa no campo é que, independentemente do nome dado à unidade, o comportamento geomecânico possui grandes zonas homogêneas. Optou-se por apresentar somente a distinção das unidades baseada em propriedades geomecânicas.

A seqüência de rochas sedimentares ocorre por toda a parte central do traçado e está representada por arenitos grosseiros a conglomeráticos e arenitos finos argilosos bem estratificados da formação Antenor Navarro, conforme pode ser observado no desenho nº EN.B/IV.DS.GL.0001.

#### 4.3.3 Unidades Litoestratigráficas

Devido às similaridades geomecânicas apresentadas pelas várias rochas das diferentes unidades geológicas, o substrato geológico pode ser agrupado em três unidades litoestratigráficas, definidas através da compilação dos mapas geológicos pré-existentes, investigações geológico-geotécnicas e controle de campo.



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

---

### 4.3.3.1 Unidade 1

Esta unidade é constituída essencialmente por ortognaisses migmatíticos, de composição tonalítica a granítica. São biotita gnaisses com intercalações anfibolíticas localizadas. Possui foliação bem marcada, com feições de milonitização presente quando a rocha encontra-se sob interferência do Lineamento de Patos e das Zonas de Cisalhamento de Malta próximo a cidade de Cajazeiras e Zona de Cisalhamento de Portalegre nas rochas da Faixa Orós-Jaguaribe. É comum também a presença de estruturas migmatíticas.

Esta unidade está presente desde o início do Trecho IV, na Barragem Caiçara até a estaca 53+100 e da estaca 96+300 até o trecho final, no Reservatório de Angicos.

Ocorre uma cobertura colúvio residual delgada com espessuras raramente superiores a 1 m, assente sobre saprolitos de gnaisses com espessuras variáveis de 1,5 a 2,5 m (material de 2ª categoria). Neste horizonte podem ocorrer blocos métricos e até matacões de gnaisses, arredondados. Esta feição é localizada e está geralmente associada à presença de rocha homogênea em regiões pouco afetadas pelos eventos tectônicos Brasileiros. Nas encostas de morrotes mais pronunciados e pequenas serranias é comum a presença de depósito de tálus, com concentração de blocos de tamanhos bastante variáveis na superfície, porém pouco espessos. Não foram observados depósitos deste tipo com espessuras superiores a 4 m na região.

A orientação da foliação dos gnaisses no trecho inicial do traçado (até a estaca 53+100) é preferencialmente WNW-ESE, com mergulhos de alto ângulo tanto para NE como para SW. Esta foliação evidentemente é condicionada pelo Lineamento de Patos e Zona de Cisalhamento de Malta.

Já no trecho norte do canal (a partir da estaca 96+300), a orientação geral da foliação é SW-NE, com mergulhos de médio a alto ângulo geralmente para SE. Neste caso o condicionante da foliação é o Lineamento de Portalegre.

Foram observados solos um pouco mais espessos na área norte.

### 4.3.3.2 Unidade 2

Este trecho, situado entre as estacas 53+100 e 77+500, é representado por sedimentos mesozóicos do *rift* de Uiraúna. São arenitos imaturos, mal selecionados e angulosos, incluindo conglomerados brechóides com seixos, calhaus e blocos de rochas, numa matriz arenosa com cimento argiloso, por vezes sílticos; leitos de argilitos, siltitos e arenitos finos ocorrem intercalados nestes sedimentos. Repousa em discordância angular sobre o embasamento paleoproterozóico, apresentando uma seção inferior com ausência de estruturas sedimentares e uma seção superior, onde se observam estratificações cruzadas e bancos espessos de estratificação plano-paralela.

Os arenitos encontram-se levemente basculados para o sul, com mergulhos de até 15°, e apresentam dois sistemas de fraturas principais, nas direções NE-SW e NW-SE. Observações de campo revelam que estes arenitos, apesar de friáveis, são bastante resistentes e devem ser tratados como material de 3ª categoria para efeito de escavação a partir dos 7 m. A cobertura de solo colúvio-residual possui espessuras médias de até 4 m, e invariavelmente revela o saprolito do arenito. Alguns poços tipo cacimbão, abertos na região revelam que se trata de um material de 2ª categoria até espessuras médias da ordem de 3 m (EN.V/G.RT.GL.0262 e EN.V/G.RT.GT.0251).



### 4.3.3.3 Unidade 3

Optou-se por criar esta unidade em função da limitação das informações disponíveis sobre este trecho. Aqui, o canal segue por cerca de 19.800 m (entre as estacas 77+500 e 96+300) na zona de contato entre os arenitos cretáceos da bacia do Rio do Peixe e o embasamento cristalino, ora em uma unidade ora em outra, tornando impossível a sua distinção sem um maior controle de campo. Na região periférica da bacia, o contato com o embasamento pode ser normal ou tectônico, sendo neste caso evidente a milonitização nos gnaisses e silicificação dos arenitos. No domínio cristalino é evidente a influência tectônica sobre os gnaisses. Além da forte milonitização e migmatização observam-se veios graníticos e pegmatíticos, associados à Zona de Cisalhamento de Portalegre. A espessura dos materiais é extremamente variável, mas geralmente menor, devido a silicificação intensa dos arenitos. Em uma estimativa bastante conservadora pode-se considerar apenas 1 m de solo colúvio assente diretamente sobre rocha sã.

### 4.4 Aspectos Estruturais

Dentre as feições estruturais mais características na área em questão, destaca-se a zonas de cisalhamento de idade brasileira correspondente ao Sistema Patos-Malta, de direção E-W e caracterizada por cisalhamentos transcorrentes / transpressionais. Esse sistema constitui um verdadeiro cinturão de cisalhamento de cinemática dextral, que chega a atingir larguras superiores a 50 km. Na Zona Transversal, desenvolveu-se um sistema anastomosado NE-SW de rejeito sinistral, representado pelo Sistema de Portalegre. A Bacia do Rio do Peixe está correlacionada as fases *pré-rift* e *rift*, durante a abertura do Oceano Atlântico Norte.

## 5 . CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS DAS OBRAS

### 5.1 Generalidades

Conforme descrito no item anterior, o traçado abrange basicamente dois domínios geomecânicos divididos em três unidades, representados no trecho por rochas sedimentares da Bacia do Rio do Peixe, por cerca de 24 km, rochas do embasamento cristalino, por cerca de 68 km e rochas de uma faixa mista de transição no restante do trecho, por cerca de 20 km.

### 5.2 Canais

#### 5.2.1 Est. 6+400 (Saída da Estrutura de controle) - Est 16+500 (Túnel Tambor)

O canal tem seu início no Reservatório Caiçara, e segue em canal artificial até a estaca 9+100. Este trecho engloba o Aqueduto Cabeça da Onça e as Escadas Arruído, Angical 1 e Angical 2. O traçado segue exclusivamente no domínio das rochas gnáissicas, com foliação geral E-W e mergulhos subverticais. Possui uma delgada cobertura detrítica, sobreposta ao saprolito do gnaiss, com espessuras da ordem de 1m.

#### 5.2.2 Est. 16+850 (Túnel Tambor) – Est 54+750 (Aqued. Lagoa Vermelha)

Este trecho inclui os aquedutos Cachoeira da Vaca, Pedra Preta, Pitombeira, e Bananeira e as escadas do Redondo, Carrasco, Cabaceira e Timbaúba. O mapeamento geológico revela a presença de delgada camada de solo colúvio residual, com blocos angulosos de quartzo assente diretamente sobre saprolito de gnaisses a biotita gnaisses. Nas regiões onde são observados efeitos de milonitização a espessura do saprolito chega a mais de 3 metros. É muito forte a influência do Lineamento de Patos nestas rochas, evidenciada pela foliação E-W com mergulho de alto ângulo para N e feições indicativas de cinemática dextral.



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

---

O contato com os arenitos ocorre na estaca 53+100 e é tectônico onde o arenito aparece silicificado, tornando-se bastante friável a poucos metros de distância. O domínio das rochas sedimentares apresenta coberturas de solo e saprolito, atingindo 3m de espessura em média, com material de primeira e segunda categorias. Os afloramentos são raros. Ocorre um sistema de juntas ortogonais nas direções N55E/60NW e N30W/subvertical, este último mais persistente.

Existem 4 sondagens executadas neste trecho, sendo três delas nas rochas gnáissicas e uma nos sedimentos. As informações sobre os furos são pouco precisas, mas pode-se concluir que nas zonas onde a milonitização é mais intensa, o topo rochoso está mais profundo, como na SM-B – Est. 45+400 (DNOS 1983) com topo rochoso a 5,80 m em gnaiss milonítico e a SM-401, na estaca 50+900 (R8 – Geologia e Geotecnia, FUNCATE, 2000), próximo ao contato com os arenitos apresentando topo rochoso a 4,30 m. A SM-402 – Est. 54+200, apresenta arenito são, extremamente fraturado, em zona afetada por falhamento, com topo rochoso a 4,83 m.

### **5.2.3 Est 55+590 (Aquad. Lagoa Vermelha) – Est. 99+775 (Túnel Major Sales)**

Neste trecho está incluída a Escada Cacimba Velha. O canal deverá ser implantado nos arenitos da formação Rio do Peixe. A sondagem SM-03, bastante representativa do trecho em arenito, revela topo rochoso a 7 m, com saprolito (2ª categoria) a partir dos 3,9 m. Os afloramentos de rocha são raros.

A partir da estaca 78+000 o traçado corre sobre o contato entre os arenitos e os gnaisses. No mapeamento geológico foram verificadas intercalações constantes entre as duas unidades litológicas, o que pode ser explicado pela gênese tipo *rift* da Bacia do Rio do Peixe, gerando falhamentos do tipo Horst-Graben, observado em seção nas coordenadas 9275400 N / 553300 E.

Essa situação segue assim, com o traçado passando ora pelos sedimentos ora pelos gnaisses até a estaca 96+300.

A partir da estaca 96+300, o traçado entra na unidade dos gnaisses, apresentando uma espessura de capeamento (solo e saprolito) bastante variável, com médias de 2 m mas podendo atingir até 6 m em zonas miloníticas. A rocha está intensamente afetada pela zona de cisalhamento de Portalegre com foliações a N50E/com mergulhos de média a alto ângulo tanto para NW como para SE.

### **5.2.4 Est. 105+530 (Túnel Major Sales) – Est. 113+650 (Túnel Javaris)**

Este trecho engloba o Túnel Diamantina, e apresenta espessuras médias de solo colúvial de 2 m assente sobre saprolito com 1 m de espessura, sobre gnaisses são.

### **5.2.5 Est. 114+170 (Túnel Javaris) – Est. 118+300 (Reservatório Angicos)**

Este trecho engloba as Escadas Canta Galo e Arapuá, e está inserido na unidade dos gnaisses com espessuras de solo mais saprolito da ordem de três metros.

### **5.2.6 Resumo das Espessuras de Escavação**

Com base nos dados obtidos nas sondagens rotativas e no mapeamento geológico foram estabelecidas as espessuras médias de escavação dos materiais de 1ª e de 2ª categoria, relacionadas no quadro a seguir. Nos locais onde não existem informações diretas, é feita uma estimativa baseada nos dados de espessuras dos materiais similares encontrados nos outros trechos.

Nos trechos em Túnel, não foram consideradas as espessuras da cobertura.



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

**Quadro 5.1 – Espessuras Médias dos Materiais de Escavação.**

ESTACAS		Espessuras (m)		Litotipo	REFERÊNCIA
DE	ATÉ	1ª Cat.	2ª Cat.		
6+400	6+600	1	1,5	Gnaisse	Canal 01
6+600	6+901	1	1,5	Gnaisse	Escada Arruído
6+901	9+100	1	1,5	Gnaisse	Canal 02
9+100	9+790	1	1,5	Gnaisse	Aqueduto Cabeça da Onça
9+790	13+400	1	1,5	Gnaisse	Canal 03
13+400	14+510	1	1,5	Gnaisse	Escada Angical 01
14+510	15+870	1	1,5	Gnaisse	Canal 04
15+870	16+094	1	1,5	Gnaisse	Escada Angical 02
16+094	16+500	1	1,5	Gnaisse	Canal 5
16+500	16+850	0	0	Gnaisse	Túnel Tambor
16+850	16+950	1	1,5	Gnaisse	Canal 06
16+950	17+100	1	1,5	Gnaisse	Escada Redondo
17+100	18+400	1	1,5	Gnaisse	Canal 07
18+400	18+610	1	1,5	Gnaisse	Aqueduto Cachoeira da Vaca
18+610	22+150	1	1,5	Gnaisse	Canal 07-A
22+150	22+270	1	1,5	Gnaisse	Escada Carrasco
22+270	23+400	1	1,5	Gnaisse	Canal 08
23+400	23+610	1	1,5	Gnaisse	Aqueduto Pedra Preta
23+610	27+600	1	1,5	Gnaisse	Canal 08-A
27+600	28+200	1	1,5	Gnaisse	Aqueduto Pitombeira
28+200	37+600	1	1,5	Gnaisse	Canal 09
37+600	37+980	1	1,5	Gnaisse	Escada Cabaceira
37+980	41+800	1	1,5	Gnaisse	Canal 10
41+800	42+100	1	1,5	Gnaisse	Aqueduto Bananeira
42+100	49+400	1	1,5	Gnaisse	Canal 11
49+400	49+580	1	1,5	Gnaisse	Escada Timbaúba
49+580	50+620	1	1,5	Gnaisse	Canal 12
50+620	50+710	1	1,5	Gnaisse	Escada Lagoa de Dentro





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

50+710	53+100	1	1,5	Gnaisse	Contato Litológico
54+750	55+590	4	3	Arenito	Aqueduto Lagoa Vermelha
55+590	71+100	4	3	Arenito	Canal 14
71+100	72+200	4	3	Arenito	Escada Cacimba Velha
72+200	77+500	4	3	Arenito	Transição Litológica
77+500	86+200	1	0	Arenito/gnaisse	Canal 15
86+200	86+410	1	0	Arenito/gnaisse	Aqueduto Peixe
86+410	99+775	1	0	Arenito/gnaisse	Canal 15-A
99+775	105+530	0	0	Gnaisse	Túnel Major Sales
105+530	112+500	1	2,5	Gnaisse	Canal 16
112+500	113+040	0	0	Gnaisse	Túnel Diamantina
113+040	113+650	1	2,5	Gnaisse	Canal 17
113+650	114+170	0	0	Gnaisse	Túnel Javaris
114+170	114+270	1	2,5	Gnaisse	Canal 18
114+270	114+593	1	2,5	Gnaisse	Escada Canta Galo
114+593	117+870	1	2,5	Gnaisse	Canal 19
117+870	118+300	1	2,5	Gnaisse	Escada Arapuá
118+300		1	2,5	Gnaisse	Reservatório Angicos

### 5.3 Túneis

#### 5.3.1 Túnel Tambor

Este túnel está no domínio das rochas gnáissicas, milonitizadas, fortemente afetadas pelo Lineamento de Patos. Possui 310 m de extensão e corta a foliação perpendicularmente. São necessárias sondagens complementares para caracterizar melhor o maciço.

#### 5.3.2 Túnel Major Sales

Este túnel, com extensão de 5.735 m, insere-se no domínio das rochas gnáissicas. Predominam rochas de granulação grosseira com foliação a N50E e mergulhos de média a alto ângulo para NW.

O emboque de montante apresenta coberturas de solo e saprolito da ordem de 6 m assente sobre gnaisse milonítico extremamente fraturado até os 10 m. Estima-se que este trecho apresente RQD da ordem de 30 a 50%. No nível de escavação do túnel o fraturamento diminui sensivelmente, com RQD por volta de 80 a 90%. A permeabilidade do maciço também é bastante baixa, da ordem de  $2,0 \times 10^{-6}$  cm/s.

O portal de jusante apresenta condições sensivelmente melhores. O maciço está muito pouco fraturado, apresenta foliação de alto ângulo e RQD sempre superior a 70%.



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

---

Nestas condições pode-se prever que o portal de montante deverá ser tratado como rocha de classe IV, até os 15 primeiros metros, passando para alternâncias entre a classe III e II, com predomínio desta última. Na metade norte o maciço parece apresentar melhor qualidade, sendo esperada inclusive trechos de classe I. Não é esperada a presença de água na escavação, entretanto, as imagens de satélite mostram um alinhamento estrutural bem marcado que corta o túnel obliquamente próximo a sua porção central. Cabe ressaltar ainda que este túnel está inserido na Zona de Cisalhamento de Portalegre. Por estes motivos é possível que ocorram pequenas passagens em faixas milonitizadas, com probabilidades de que nestas faixas o maciço seja de classe IV. O portal norte não deve apresentar complicações, podendo ser tratado na pior das hipóteses como rocha de classe III. As alturas topográficas sobre o teto do túnel variam de 50 a 100 m, coberturas relativamente pequenas que, associadas à boa qualidade da rocha no geral, faz com que não se espere grandes complicações durante a escavação.

### 5.3.3 Túneis Diamantina e Javaris

Estes dois túneis possuem extensão de 500 m e 480 m, respectivamente, e estão inseridos no domínio das rochas gnáissicas. O maciço é extremamente são e pouco fraturado, com foliação de médio a alto ângulo, conforme nos mostra a sondagem SM-411. As condições gerais de escavação devem ser semelhantes às do túnel Major Sales, com possíveis complicações devido à proximidade com a Z.C. de Portalegre.

## 6 . CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os estudos geológico-geotécnicos realizados permitiram investigar com razoável grau de detalhamento as condições de escavação e as características geomecânicas das principais unidades litológicas presentes no Trecho IV- Eixo Norte.

Foi determinada a espessura média dos materiais de escavação para os principais tipos de rocha, tendo sido observado que nas zonas onde a milonitização é mais intensa obtém-se maiores espessuras de materiais de 1ª e 2ª categoria, mesmo no domínio dos gnaisses. Os arenitos da Formação Antenor Navarro, também apresentam espessuras significativas de materiais de 1ª e 2ª categorias.

Os solos coluviais apresentam pequena espessura e estão geralmente assentados sobre solo saprolítico ou saprolito de rocha gnáissica. No domínio dos arenitos predominam solos colúvio-residuais, estes com espessuras da ordem de 3 m a 4 m. Nas aluviões a cobertura pode chegar a 7 m de espessura, assente diretamente sobre rocha sã. Os solos saprolíticos, tanto de arenito como de gnaisses apresentam boa resistência, e devem suportar a fundação de estruturas leves.

Com relação aos aquedutos, as informações são muito superficiais. É necessária uma campanha de sondagem nos locais previstos, para um melhor conhecimento das condições de fundação. Para efeito de cálculos, a fundação deve ser tratada como as rochas similares encontradas nos outros trechos estudados.

O túnel Major Sales está bem investigado, e deve apresentar problemas de estabilidade no portal sul. Devido a forte influência da Zona de Cisalhamento de Portalegre, é possível que ocorram trechos localizados em que ocorra maciço apresente classe IV. Genericamente a tendência é de uma escavação em rocha classes III e II a Sul, passando para rocha classe II e I na porção Norte. Ocorre um lineamento estrutural bem evidente nas imagens de satélite, na porção central do túnel. Os túneis Javaris e Diamantina devem apresentar condições semelhantes às do túnel Major Sales, uma vez que se encontram posicionados praticamente no mesmo sentido e também estão situados na zona de interferência da Falha de Portalegre. O alinhamento destes túneis é desfavorável a estabilidade, e os dados de foliação sugerem que devam ocorrer algumas cunhas. Caso o sistema de fraturas apresente fraturas abertas, com presença de argilo minerais ou água, ou então o maciço apresente Grau de Fraturamento F3/F2 ou superior, haverá um rebaixamento na classe do maciço.



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

---

O túnel Tambor corta perpendicularmente as estruturas e deve ser escavado sem grandes problemas. Está inserido no bloco de gnaisses a sul, afetados sensivelmente pelo lineamento de Patos. É recomendável que sejam executadas sondagens para a melhor caracterização do maciço.

Na etapa de projeto executivo deverão ser aprimoradas as investigações geológicas e geotécnicas de forma a aperfeiçoar o conhecimento do comportamento geomecânico dos maciços rochosos e solos, dando ênfase à prospecção de materiais de empréstimo visando o planejamento e a construção dos canais. Ressalta-se a recomendação de detalhar os emboques dos túneis e fundações dos pilares dos aquedutos.





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

---

### Localização das Sondagens Mistas

SONDAGENS MISTAS	COORDENADAS	
	NORTE	LESTE
SM-401	9257220	537328
SM-402	9260000	537237
SM-403	9270036	545872
SM-404	9271710	546435
SM-405	9275120	553446
SM-406	9276276	558421
SM-407	9283070	569350
SM-408	9284142	569701
SM-409	9287085	570804
SM-410	9287307	570844
SM-411	9292760	577420



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

OBRA : TSF - TRECHO 4		SONDAGEM : SM-101		RUPO :															
LOCAL : AQUEDUTO		COTA : 0.000		INCLINACAO : 0															
EXECUTORA : PROGEQ		ESTACA :		COORD. - N : 9257.220															
INICIO : 01/02/00		AFASTAMENTO :		COORD. - E : 537.328															
TERMINO : 02/02/00																			
DIAMETRO REVESTIMENTO PEQUENO E PROFUNDIDADE	COTAS (m)	NÍVEL D'ÁGUA	PROFUNDIDADE (m)	PERFIL GEOLOGICO	DESCRICAO DO MATERIAL	RESISTENCIA A PENETRACAO - SPT		FRATURAMENTO		PROFUNDIDADE (m)	ENSAIO DE INFILTRACAO OU DE PERDA D'ÁGUA SOB PRESSAO								
						PRESCRITOS 15 cm	ALTISSIMOS 30 cm	FRATURAS/m	GRU		GRU DE ALTERACAO	COORDENADA	PRESSAO EFEITIVA kg/cm <sup>2</sup>	VAZAO litros/m <sup>2</sup>	PERDA ESPECIFICA litros/m <sup>2</sup>	PERDA ESPECIFICA LITRAGEM litros/m <sup>2</sup>	CLASSE DE FACILIDADE		
RV						22													
RV					SOLDO SAPROLITICO DE GNAISSE, medio, c/ qtz, feld e biotita, foliado em alto angulo, sarroes a cinza-rosa(bandado), alterado.	30/15													
			3.00		SAPROLITO DE GNAISSE	50				F 1									
			4.30																
			5.92		GNAISSE, medio a grosso, bandado, foliado em alto angulo, muito fraturado, cinza rosado, c/ poroagens muito fragmentadas em 5,52 a 5,92					F 5	A3	C2/3							
			6.21							F 3	A3	C2							
			7.37							F 3	A3	C2							
			8.17							F 5	A3	C3/2							
			9.45		GNAISSE, grosso, foliado em alto angulo.					F 2	A2	C2							
			9.75							F 5	A3	C2							
			10.05																

NOTAS: N.A. SECO ; amostra lavada em 2,13-3.00m.



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

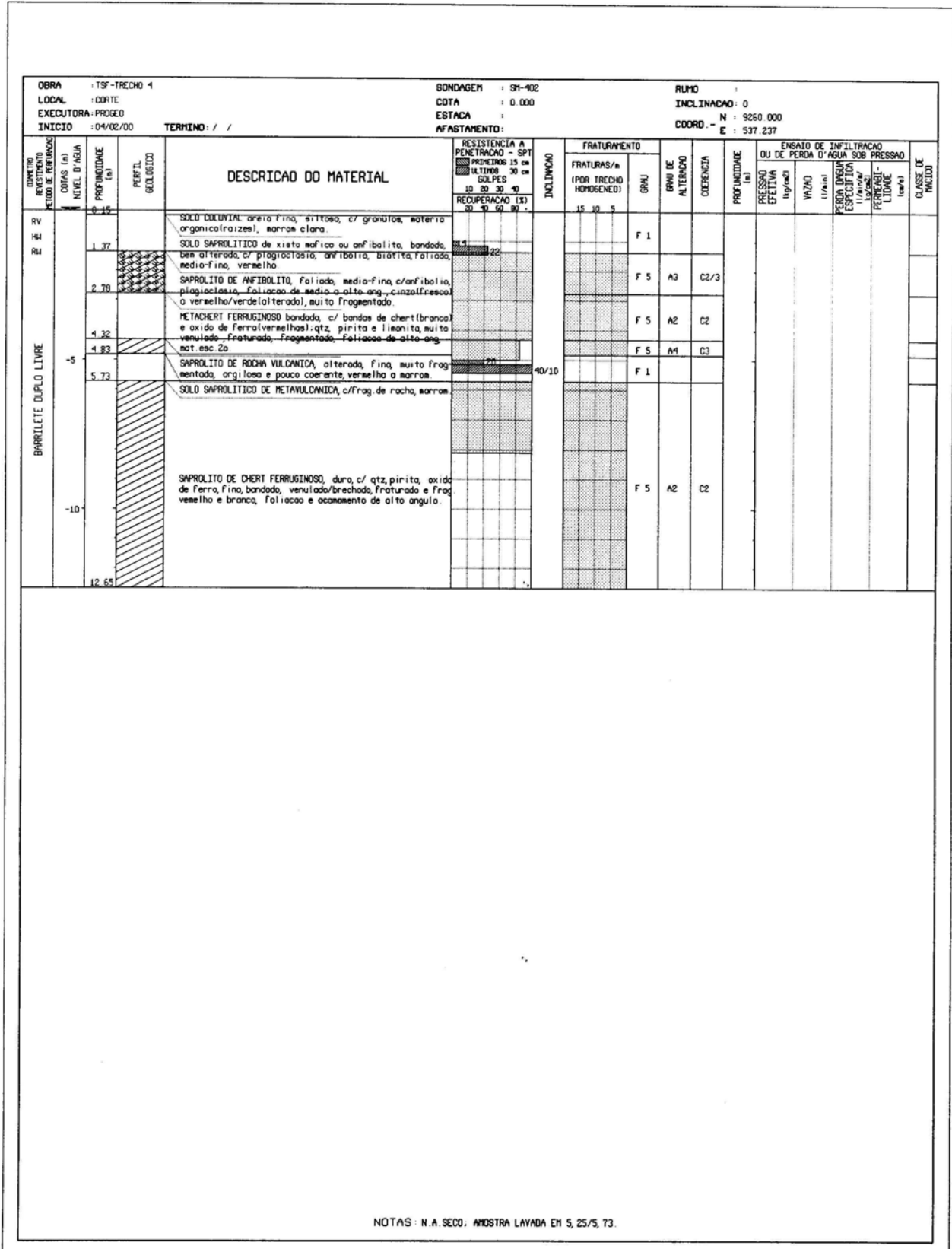
---

SM-401





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







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

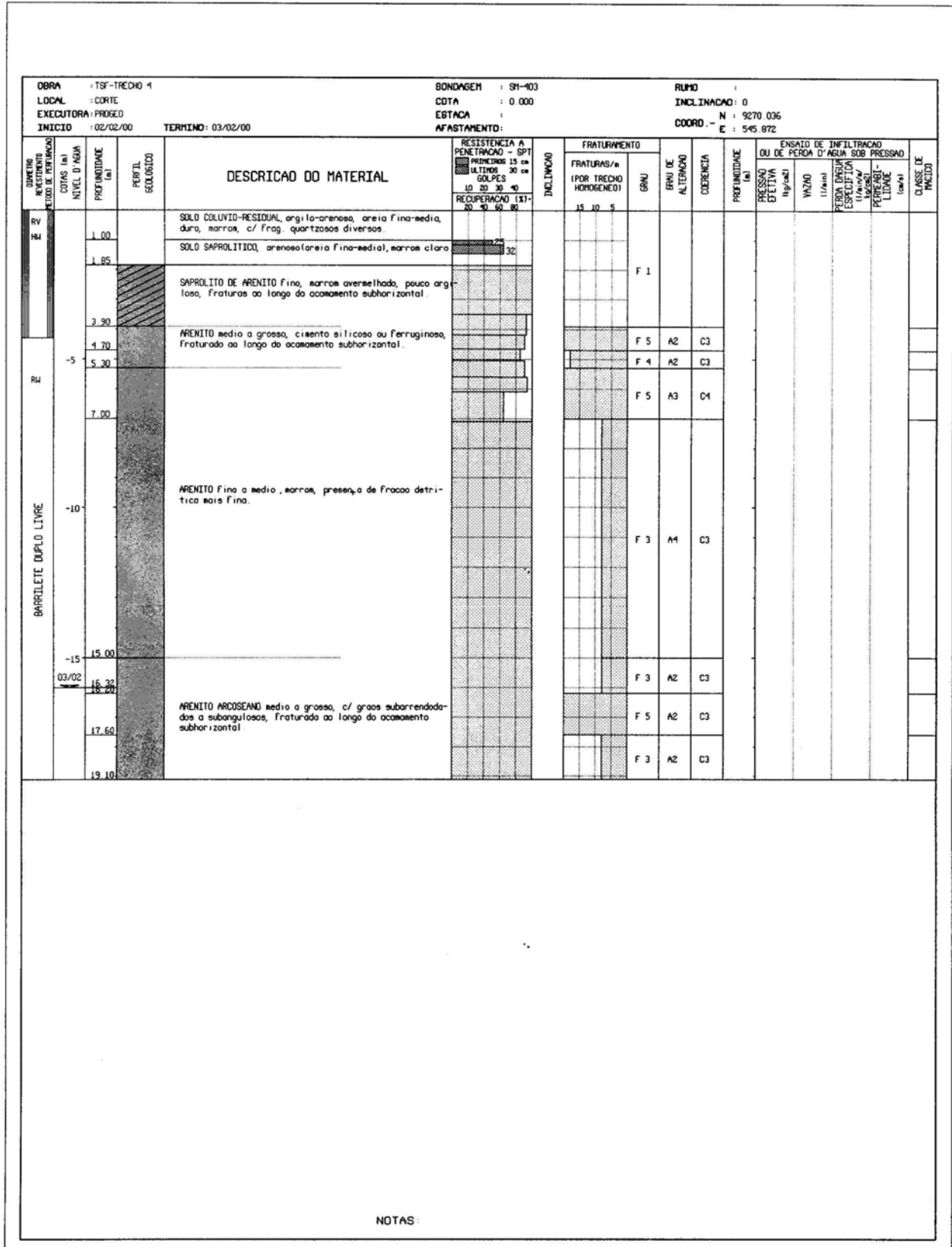
---

SM-402





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





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

SM-403



SM-403 - continuação





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

OBRA : TSF-TRECHO 1		SONDAGEM : SH-101		RUMO :														
LOCAL : AQUEDUTO		COTA : 0.000		INCLINAÇÃO : 0														
EXECUTORA : PROGED		ESTACA :		COORD. N : 9271.710														
INICIO : 01/02/00		TERMINO : 02/02/00		E : 546.435														
AFASTAMENTO :																		
DIAMETRO INVESTIMENTO PERÍODO DE PERFORAÇÃO	COTAS (m)	NÍVEL D'ÁGUA	PROFUNDIDADE (m)	PERFIL GEOLOGICO	DESCRICAÇÃO DO MATERIAL	RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO - SPT		INCLINAÇÃO	FRATURAMENTO				PROFUNDIDADE (m)	ENSAIO DE INFILTRAÇÃO OU DE PERDA D'ÁGUA SOB PRESSÃO				
						PROMEDIOS 15 cm	ULTIMOS 30 cm		FRATURAS/m (POR TRECHO HOMOGENEIO)	GRU	GRAU DE ALTERAÇÃO	COERENCIA		PRESSÃO EFETIVA (kg/cm <sup>2</sup> )	VAZÃO (l/s/m)	PERDA D'ÁGUA ESPECIFICA (l/m <sup>2</sup> /h)	PERÍODO LITONIA (horas)	CLASSE DE RISCO
RV																		
HI																		
		02/02	3.14		ALUVIÃO argila arenosa, cinza escura, c/ fragmentos de qtz.	18												
					ALUVIÃO areia fina a media, argilosa, c/ pedregulhos de quartzo.	21				F 1								
			-5		ALUVIÃO areia fina a media, argilosa, c/ pedregulhos de quartzo.	21												
					ALUVIÃO areia fina a media, argilosa, c/ pedregulhos de quartzo.	8												
					ALUVIÃO argila arenosa(areia fina), marrom clara.	10												
			8.55		ALUVIÃO argila arenosa(areia fina), marrom clara.													
					TOPO ROCHOSO AL TERMO E FRIAVEL													
					ARENITO fino a media, cores variadas( vermelho e branco) cimentação incipiente.					F 1	A3	C4						
					ARENITO fino a grossa, c/ pedregulhos de qtz, cimentação incipiente, desagregavel na agua.													
			11.00															
			11.48															

NOTAS :



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

---

SM-404





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

DBRA : TSF-TRECHO 4		SONDAGEM : SH-105		RUPLO :											
LOCAL : AQUEDUTO		COTA : 0 000		INCLINAÇÃO : 0											
EXECUTORA : PROGED		ESTACA :		COORD. N : 9275 120											
INICIO : 30/01/00		TERMINO : 30/01/00		COORD. E : 553 446											
DIAMETRO REVESTIMENTO PERÍODO DE PERFORMANÇAS	COTAS (m) NÍVEL D'ÁGUA	PROFUNDIDADE (m)	PERFIL GEOLOGICO	DESCRICAÇÃO DO MATERIAL	RESISTENCIA A PENETRAÇÃO - SPT		INCLINAÇÃO	FRATURAMENTO		GRAU DE ALTERAÇÃO	COERENCIA	PROFUNDIDADE (m)	ENSAIO DE INFILTRAÇÃO OU DE PERDA D'ÁGUA SOB PRESSÃO		CLASSE DE RISCO
					PROFUNDOS 15 cm	ULTIMOS 30 cm		FRATURAS/m (POR TRECHO HOMOGENEIO)	GRAU				PRESSÃO EFETIVA (kg/cm <sup>2</sup> )	VAZÃO (l/s/m <sup>2</sup> )	
RV				COBERTURA DETRITICA areia fina, cinza escura, c/ pedregulhos de qtz e arenito, seixos				15 10 5							
RU		1.55							F 1						
	31/01	4.31		ARENITO fino a grosso, macico, silicificado c/ fraturas fechadas // a estratificação discreta, subhorizontal ligeiramente porosa.					F 2	A1	C2				
	-5	5.20							F 2	A1	C1				
		6.51		CONTATO SELADO ENTRE ARENITO E GNAISSE MACICO.											
		7.20		GNAISSE, cinza, macico, venulos carbonaticos subvert.											
		10.10		GNAISSE fino a medio, cinza esverdeado, foliação pronunciada de 30o a 45o, fraturas // a foliação.					F 3	A1	C1				

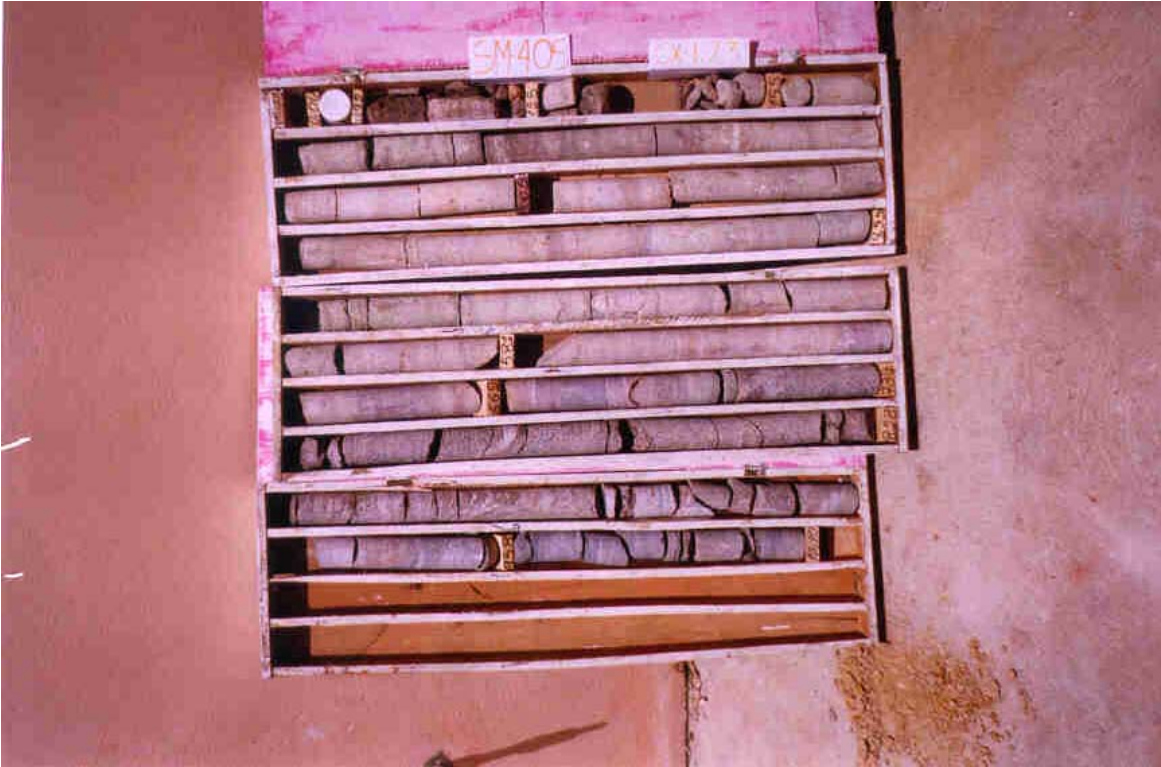
NOTAS :



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

---

SM-405





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

OBRA : TSF-TRECHO 4		BONDAGEM : SM-405		RUMO :														
LOCAL : AQUEDUTO		COTA : 0.000		INCLINAÇÃO : 0														
EXECUTORA : PROGEQ		ESTACA :		COORD. - N : 9276 421														
INICIO : 28/01/00		TERMINO : 29/01/00		E : 558 421														
DIÂMETRO DO TUBO DE ESTRUTURAÇÃO	COTAS (m)	NÍVEL D'ÁGUA	PROFUNDIDADE (m)	PERFIL GEOLOGICO	DESCRICAO DO MATERIAL	RESISTENCIA A PENETRAÇÃO - SPT		INCLINAÇÃO	FRATURAMENTO				ENSAIO DE INFILTRAÇÃO OU DE PERDA D'ÁGUA SOB PRESSÃO					
						PROCELOSOS 15 kg	ULTIMOS 30 cm		FRATURAS/m (POR TRECHO HOMOGENEO)	GRAU	GRAU DE ALTERAÇÃO	COERENCIA	PROFUNDIDADE (m)	PERDA EFFECTIVA (l/s/cm <sup>2</sup> )	VAZÃO (l/s/m <sup>2</sup> )	PERDA CARGA ESPECIFICA (l/s/m <sup>2</sup> )	PERCENTUAL PERDA LITANEA	CLASSE DE FACILIDADE
RV	0.45				SOLO COLUVIAL, areno-argiloso c/ cascalho, frag. de rocha, c/ materia organica, marrom					F 1								
RI	1.80									F 4	A2	C1						
	2.64									F 3	A2	C1						
	3.54				GRANITO macico, medio, c/ quartzo, felds, biotita, rosa, mat esc. 3a.					F 4	A3	C2						
	5									F 3	A2	C1						
	7.70																	
	8.42				GNAISSE grosso c/ qtz, feld, biotita, foliacao de baixo angulo, rosa.					F 4	A2	C2						
	8.96									F 3	A2	C1						
	10.03				GRANITO medio, c/ qtz, feld, biotita, macico, rosa.					F 4	A1	C1						

NOTAS : N.A. SECO.





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

---

SM-406





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

DBRA : TSF-TRECHO 4		BONDAGEM : SH-107		RUMO :												
LOCAL : EMB. MONTANTE		COTA : 0.000		INCLINAÇÃO : 0												
EXECUTORA : PROGED		ESTACA :		COORD. N : 9283.070												
INÍCIO : 27/01/00		TERMINO : 01/02/00		E : 569.350												
DIAMETRO REVESTIMENTO PERÍODO DE PERFORAÇÃO	COTAS (m) NÍVEL D'ÁGUA	PROFUNDIDADE (m)	FERTIL. GEOLOGICO	DESCRICAO DO MATERIAL	RESISTENCIA A PENETRAÇÃO - SP1		INCLINAÇÃO	FRATURAMENTO			PROFUNDIDADE (m)	ENSAIO DE INFILTRAÇÃO OU DE PERDA D'ÁGUA SOB PRESSÃO				CLASSE DE INÍCIO
					PROFUNDOS 15 cm	ULTIMOS 30 cm		FRATURAS/n (POR TRECHO HOMOGENEO)	GRU1	GRU2 DE ALTERNANCIA		COERENCIA	PRESSÃO ELETIVA (kg/cm <sup>2</sup> )	VAZÃO (l/m <sup>2</sup> h)	PERDA ORGUM ESPECIFICA (l/m <sup>2</sup> h)	
RV		1.00		SOLO COLUVIAL, areia fina, silteosa, pouco argilosa, c/ granulos e cascalho de qtz e rocha, sarros, pouco coeso, micáceo, c/ mat. orgânico.	19											
RH		4.08		SOLO SAPROLITICO DE GNAISSE, medio a grosso, foliado, c/ qtz, feld e biotita, rosa.	50				F 1							
		5.98		SAPROLITO DE GNAISSE, medio a grosso, c/ qtz, feld, biotita foliado, rosa a cinza, muito frag.	48/8											
		6.21		obs: entre 4.08/5.98 solo saprolitico/saprolito.												
		7.12		GNAISSE MILONITICO, c/ qtz, feld, medio a grosso, muito estirado, c/ foliacao de baixa a media angulo, rosa, not. esc. 30.					F 5	A3	C2					
		8.66							F 4	A2	C1					
		9.42							F 5	A5	C4					
		9.90							F 4	A3	C2					
		10.83							F 5	A3	C2					
		12.25							F 2	A2	C2					
		12.26							F 3	A2	C1					
		13.73		GNAISSE grosso, foliacao c/ medio angulo, c/ qtz, feld, biotita, c/ passagens micáceas.					F 3	A2	C1					
		15.04							F 5	A2	C1					
		15.48							F 3	A1	C1					
		16.05							F 5	A1	C1					
		16.30							F 3	A1	C1					
		18.36							F 5	A1	C1					
		19.37							F 4	A1	C1					
		21.66							F 4	A1	C1					
		22.76							F 2	A1	C1					
		23.20		GNAISSE grosso, foliacao de medio angulo, pouco bondado, c/ qtz, feld, biotita, rosa.					F 3	A1	C1					
		23.47		obs: passagens em biotiticas.					F 2	A1	C1					
		24.05							F 2	A1	C1					
		25.09							F 5	A1	C1					
		26.66							F 4	A1	C1					

NOTAS : N.A. SECO.



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

SM-407



SM-407 - continuação.





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

OBRA : TSF-TRECHO 4		SONDAGEM : SH-108		RUMO :													
LOCAL : EMB. MONTANTE		COTA : 0.000		INCLINAÇÃO : 0													
EXECUTORA : PROGEO		ESTACA :		COORD. N : 9284.142													
INÍCIO : 28/01/00		TERMINO : 04/02/00		COORD. E : 569.701													
DIAMETRO REVESTIMENTO PERÍODO DE PERFORAÇÃO	COTAS (m) NÍVEL D'ÁGUA	PROFUNDIDADE (m)	PERFIL GEOLOGICO	DESCRICAÇÃO DO MATERIAL	RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO - SPT			INCLINAÇÃO	FRATURAMENTO			PROFUNDIDADE (m)	ENSAIO DE INFILTRAÇÃO OU DE PERDA D'ÁGUA SOB PRESSÃO				
					PROFIUNDOS 15 cm	ULTIMOS 30 cm	GOLPES 10 20 30 40		FRATURAS/n (POR TRECHO HOMOGENEO)	GRUJ	GRUJ DE ALTERAÇÃO		COERENCIA	PRESSÃO EFEITIVA (kg/cm <sup>2</sup> )	VAZÃO (l/s/m <sup>2</sup> )	PERDA D'ÁGUA ESPECIFICA (l/m <sup>2</sup> /h)	PERDA D'ÁGUA ESPECIFICA LITONDE (cm <sup>3</sup> /h)
R4	2.50			SAPROLITO DE GNAISSE medio a grosso, foliado, c/ qtz, feld, biotita, bem alterado, cinza. obs: ate 0.15m Fortemente estinado, marrom.						F 1							
R4	4.75			SAPROLITO DE GNAISSE grosso, foliado em medio angulo, c/ qtz, feld, biotita, branco rosado. obs: ate 2.15, granul medio, c/ veias de qtz, verde.						F 3	A3	C2					
	6.40									F 5	A3	C3					
	7.67									F 5	A3	C3					
	10.30			GNAISSE grosso, foliacao de medio angulo, c/ qtz, feld, biotita, rosa a cinza, mat. esc. 3a.						F 4	A3	C3					
	11.45									F 4	A3/2	C2					
	12.35									F 3	A1	C1					
	14.83									F 5	A1	C1					
	15.28									F 4	A1	C1					
	16.29			GNAISSE, granul medio, c/ qtz, feld, biotita, foliacao de medio angulo, rosa a cinza, muito fragmentado.						F 5	A1	C1					
	19.34									F 5	A1	C1					
	20.84									F 4	A1	C1					
	23.20									F 2	A1	C1					
										F 2	A1	C1					

NOTAS:



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

OBRA : TSF-TRECHO 4		SONDAGEM : SH-408		RUMO :														
LOCAL : EMB. MONTANTE		COTA : 0.000		INCLINACAO : 0														
EXECUTORA : PROGED		ESTACA :		COORD. N : 9284.142														
INICIO : 28/01/00		TERMINO : 04/02/00		COORD. E : 569.701														
AFASTAMENTO :																		
DIAMETRO INVESTIMENTO	PERÍODO DE PERFORACAO	COTAS (m)	NIVEL D'ÁGUA	PROFUNDIDADE (m)	PERFIL GEOLOGICO	DESCRICAO DO MATERIAL	RESISTENCIA A PENETRACAO - SPT	INCLINACAO	FRATURAMENTO			PROFUNDIDADE (m)	ENSAYO DE INFILTRACAO OU DE PERDA D'ÁGUA SOB PRESSAO				CLASSE DE TUBO	
							PENETRACAO 15 cm ULTIMOS GOLPES 10 20 30 40 RECUPERACAO (K) 20 30 50 80		FRATURAS/# (POR TRECHO HOMOGENEO)	GRU	GRU DE ALTERACAO	COERENCIA		PRESSAO DE LITRA (kg/cm <sup>2</sup> )	VAZAO (l/min)	PERDA D'ÁGUA ESPECIFICA (l/min/m <sup>2</sup> )	PERDA DE PERMEABILIDADE (cm/d)	
		25.93																
		26.95								F 3	AL	C1						
		28.15								F 5	AL	C1						
		28.65								F 1	AL	C1						
		29.90								F 4	AL	C1						
		30.78								F 2	AL	C1						
						GWASSE, medio, c/ qtz, feld., e biotita, foliacao de medio angulo, cinza a rosa.							32.00					
										F 3	AL	C1	0.80	0.00	I H P			
													1.70	0.30	0.02	2.0E-6		
													9.70	0.70	0.03	2.6E-6		
													1.70	0.20	0.01	1.4E-6		
										F 4	AL	C1						
										F 5	AL	C1	35.15	0.80	0.00	I H P		

NOTAS:



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

SM-408



SM-408 - continuação.





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

SM-408 - continuação.



SM-408 - continuação.





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

OBRA : TSF-TRECHO 4		BONDAGEM : SH-109		RUMO :													
LOCAL : EMB. JUSANTE		COTA : 0.000		INCLINAÇÃO : 0													
EXECUTORA : PROGED		ESTACA :		COORD. - N : 9287.085													
INICIO : 25/01/00		TERMINO : 27/01/00		E : 570.804													
DIAMETRO REVESTIMENTO PERÍODO DE PERFORAÇÃO	COTAS (m) NÍVEL D'ÁGUA	PROFUNDIDADE (m)	PERFIL GEOLOGICO	DESCRICAÇÃO DO MATERIAL	RESISTENCIA A PENETRAÇÃO - SPT		INCLINAÇÃO	FRATURAMENTO			PROFUNDIDADE (m)	ENSAIO DE INFILTRAÇÃO OU DE PERDA D'ÁGUA SOB PRESSÃO					CLASSE DE MACIO
					PRIMARIOS 15 cm	ULTIMOS 30 cm		FRATURAS/m (POR TRECHO HOMOGENEO)	GRU	GRU DE ALTURA		CIERENCIA	PERDA D'ÁGUA ESPECIFICA (l/m²/h)	PERDA D'ÁGUA ESPECIFICA (l/m²/h)	PERDA D'ÁGUA ESPECIFICA (l/m²/h)	PERDA D'ÁGUA ESPECIFICA (l/m²/h)	
RV	1.30			SOLO SAPROLITICO, foliado, granulometria media, cinza.	27		65										
RH	3.00			SAPROLITO DE GNAISSE finamente foliado em medio angulo, granulometria media, c/ qtz, feldspata, biotita.				F 1									
RU	3.50			GNAISSE media, foliacao de medio angulo, c/ qtz, feld., biotita, cinza, mat.esc. 2a. OBS: no intervalo de 4.90m/8.0m, mat.esc. 3a. ate 8.90m frut. subvert. a alto angulo, mat.esc. 3a				F 4	A3	C2							
	4.40				F 3	A2	C2										
	5.60				F 2	A2	C2										
	8.00				F 4	A3	C3										
	8.90				F 2	A2	C2										
	10.50			GNAISSE media, foliacao de mais alto angulo, fraturamento em medio e alto angulo, c/ qtz, feld., biotita, cinza.				F 2	A2	C2							
	17.30			GNAISSE c/ veios de qtz, passagens cm a decimetricas, mais micaceo.				F 5	A3	C3							
	21.40	27/01		GNAISSE, granulometria media, foliacao de medio angulo, cinza.				F 2	A2	C1							
	25.00																

NOTAS: \*LIDE PROXIMO.





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

SM-409

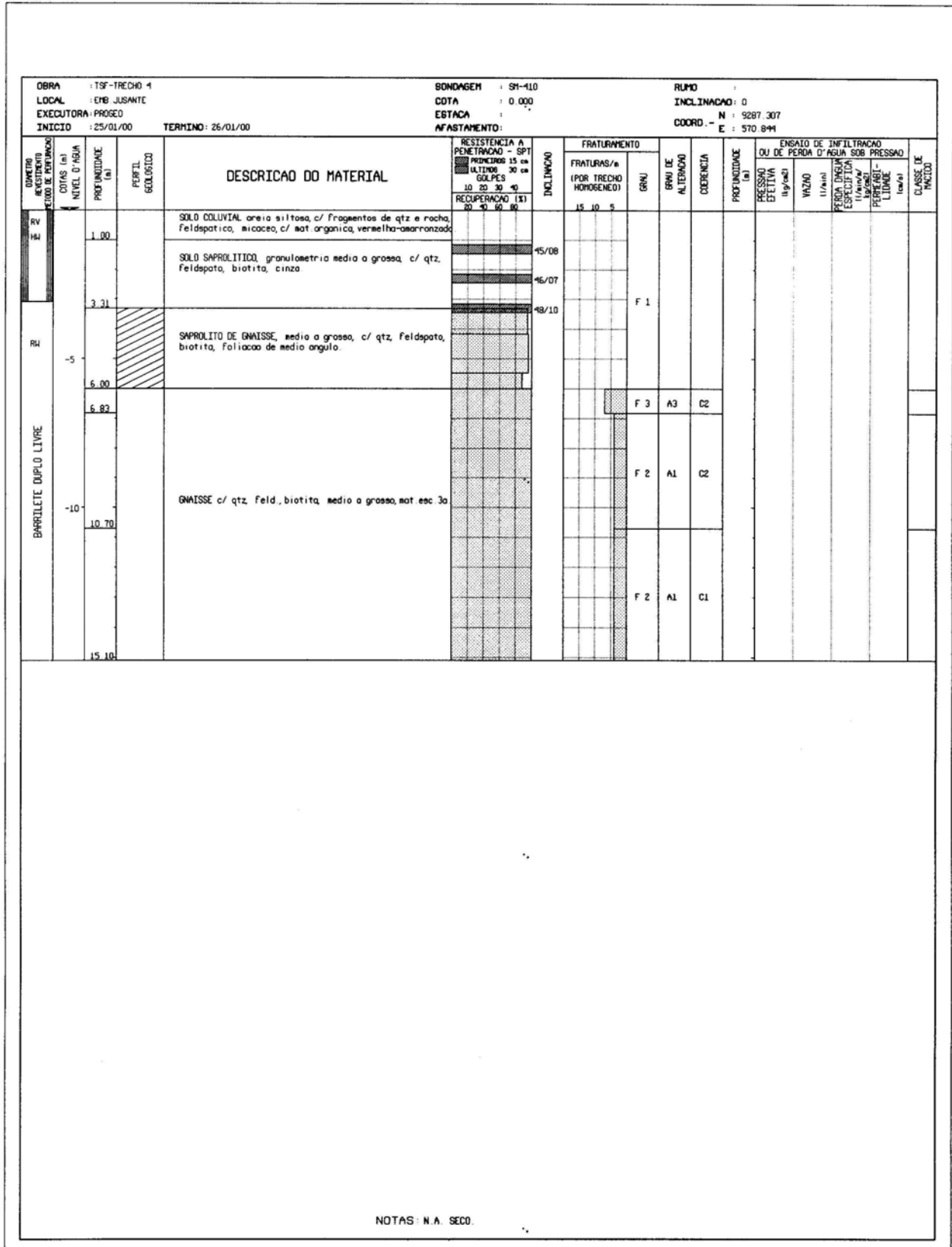


SM-409 - continuação.





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



NOTAS : N.A. SECO.



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

SM-410





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

OBRA : TSF-TRECHO 4		SONDAGEM : SM-111		RUMO :														
LOCAL : CORTE		COTA : 0.000		INCLINACAO : 0														
EXECUTORA : PROGEO		ESTACA :		COORD. N : 9292.760														
INICIO : 25/01/00		TERMINO : 27/01/00		COORD. E : 577.420														
DIAMETRO REVESTIMENTO PERIODO DE PERFURACAO	COTAS (m) NIVEL D'AGUA	PROFUNDIDADE (m)	PERFIL GEOLOGICO	DESCRICAO DO MATERIAL	RESISTENCIA A PENETRACAO - SPT			INCLINACAO	FRATURAMENTO			PROFUNDIDADE (m)	ENSAYO DE INFILTRACAO OU DE PERDA D'AGUA SOB PRESSAO					CLASSE DE TRACO
					PROFUNDOS 15 cm	ULTIMOS 30 cm	GOLPES 10 20 30 40		FRATURAS/m (POR TRECHO HOMOGENEO)	GRU 1	GRU DE ALTERACAO		COERENCIA	PRESSAO EFETIVA (kg/cm <sup>2</sup> )	VAZAO (l/s/m)	PERDA D'AGUA ESPECIFICA (l/m <sup>2</sup> /m) PERFURACAO LITONIA (cm/s)		
RV	0.45			SOLO COLUVIAL areno-argiloso, c/ frag. de quartz e rocha, c/ materia organica.						F 1								
RU	2.20									F 3	A2	C1						
	3.20									F 1	A1	C1						
	4.11									F 1	A1	C1						
	-5			GWAISSE, media, foliacao de media angulo, c/ qtz, feld, biotita, branca rosada mat. esc. 3a OBS: de 2,20m ate 10,15m cor cinza de 7,18m/9,80 granulometria grossa.						F 2	A1	C1						
	7.76									F 2	A1	C1						
	9.80									F 2	A1	C1						
	10.16									F 2	A1	C1						

NOTAS : N.A. SECO.



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

SM-411





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

<b>CONSÓRCIO NORONHA – HIDROTERRA</b>		<b>MI</b>		- DNOS - TRANSPOSIÇÃO DAS ÁGUAS DO SÃO FRANCISCO <b>PERFIL DE SONDAGEM</b>		OBRA: 2189 N°			
TIPO DE SONDAGEM: Canal Cachimbo III, Bon Jesus I SMC-01		COTA DA BOCA DO FURO: 311,91		PROF. DO N.A. (m): INICIAL: — DATA: 08.04.83		FINAL: 5,80 DATA: 08.04.83			
COTA DO N. A. FINAL (m)	REVESTIMENTO	ENSÁIO DE PENETRAÇÃO DINÂMICA				CAMADAS			
		Nº DE GOLPES / 30cm		GRÁFICO DO Nº DE GOLPES/30cm		PROF. (m)	CLASSIFICAÇÃO		
		INICIAIS	A MOSTRA	FINAIS	— INICIAIS			--- FINAIS	
					10	20	30	40	
N.A. 5,80 	2 1/2"	30/10							
	3,86							0,00 0,60	Argila com seixos
	3		0					5,00	Metcorização de gnaise.
	4		0						
	10		0						
	17		0						Gnaise
	29		0	BW					
21		0							
45		0						17,30	
DATA: 08 . 04 . 83		RECUR. (%)		R. Q. D. (%)		20 40 60 80 % DE RECUPERAÇÃO		OBS.:	
SONDADOR:		Ø C O R O A		[N] Nº DE FRAGMENTOS POR METRO DE MANOBRA					
SONDAGEM ROTATIVA									
PREPARADO POR: <i>VAT</i>						VISTO: <i>[Signature]</i>			
ENGº GEOTÉCNICO						COORD. DO PROJETO			



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

<b>CONSÓRCIO NORONHA – HIDROTERRA</b>		MI -- DNOS - TRANSPOSIÇÃO DAS ÁGUAS DO SÃO FRANCISCO		OBRA: 2189	
<b>PERFIL DE SONDAAGEM</b>		Nº			
TIPO DE SONDAAGEM: SMB-C Bom Jesus I		COTA DA BOCA DO FURO: 291,14		PROF. DO N.A. (m)	INICIAL: — DATA: 08.04.83
				FINAL: 0,50 DATA: 09.04.83	

COTA DO N. A. FINAL (m)	REVESTIMENTO	ENSÁIO DE PENETRAÇÃO DINÂMICA				CAMADAS	
		Nº DE GOLPES / 30 cm		GRÁFICO DO Nº DE GOLPES/30cm	PROF. (m)	CLASSIFICAÇÃO	
		INICIAIS	FINAIS				
N.A. 0,50	2 1/2"						
	1,00	8	11		0,00	Argila arenosa.	
		17	0		1,00	Meteorização de gnaïsse.	
		27	0		1,25		
		25	0				
		52	37			Gnaïsse quartzítico, rocha coerente, sã, medianamente fraturada.	
		24	21				
		71	65				
		57	0				
		68	64				
					11,30		

DATA: 09.04.83	RECUR. (%)	Ø	R. Q. D. (%)	20 40 60 80 % DE RECUPERAÇÃO	OBS.:
SONDADOR:		SONDA		Nº DE FRAGMENTOS POR METRO DE MANOBRA	
SONDAAGEM ROTATIVA					

PREPARADO POR: <i>VAT</i>	VISTO: <i>[Signature]</i>
ENGº GEOTÉCNICO	COORD. DO PROJETO



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

<b>N</b>	CONSÓRCIO NORONHA – HIDROTERRA	<b>M</b>	MI - DNOS - TRANSPOSIÇÃO DAS ÁGUAS DO SÃO FRANCISCO	OBRA: 2199 Nº
TIPO DE SONDAGEM: Canal Bom Jesus II Bom Jesus III SMC-01		COTA DA BOCA DO FURO: 308,85		PROF. DO N.A. (m)
				INICIAL: — DATA: 09.04.83
				FINAL: 10,00 DATA: 10.04.83

COTA DO N. A. FINAL (m)	REVESTIMENTO	ENSÁIO DE PENETRAÇÃO DINÂMICA				CAMADAS		
		Nº DE GOLPES / 30cm			GRÁFICO DO Nº DE GOLPES/30cm		PROF. (m)	CLASSIFICAÇÃO
		INICIAIS	A MOSTRA	FINAIS	— INICIAIS	- - - FINAIS		
	2 1/2"	30/05				0,00	Argila com seixos.	
	3,50					0,50	Meteorização de gnaiss.	
		5		0		5,00	Gnaiss quartzo-feldspático com leitos ferro-magnesianos inclusos. Ocorrência de níveis feldspáticos róseos. Rocha fraturada, sã e coerente.	
		4		0				
		16		0				
		17		0				
		2		0				
		11		0				
		16		0				
		50		0		14,50		

DATA: 10.04.83	RECÚP. (%) φ C O R O A	R. Q. D. (%) N	Nº DE FRAGMENTOS POR METRO DE MANOBRA	OBS.
SONDADOR:	SONDAGEM ROTATIVA			
PREPARADO POR: <i>UAS</i> ENGº GEOTÉCNICO				VISTO: <i>[Assinatura]</i> COORD. DO PROJETO





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

<b>CONSÓRCIO NORONHA – HIDROTERRA</b>		MI - DNOS - TRANSPOSIÇÃO DAS ÁGUAS DO SÃO FRANCISCO PERFIL DE SONDAGEM		OBRA: 2189 Nº			
TIPO DE SONDAGEM: SMB-OD Bom Jesus IV Est. 1301+7,0m		COTA DA BOCA DO FURO: 293,346		PROF. DO N.A. (m) INICIAL: — FINAL: 1,85 DATA: 27.03.83 DATA: 28.03.83			
COTA DO N. A. FINAL (m)	REVESTIMENTO	ENSÁIO DE PENETRAÇÃO DINÂMICA				CAMADAS	
		Nº DE GOLPES / 30cm		GRÁFICO DO Nº DE GOLPES/30cm		PROF. (m)	CLASSIFICAÇÃO
INICIAIS	A M O S T R A	FINAIS	— INICIAIS ---- FINAIS 10 20 30 40				
N.A. 1,85	2 1/2" 1,50	30/05	BW	0	0,00	0,30	Argila com seixos.
		11		0	1,95		Meteorização de gnaiss.
		49		37			Gnaiss com diaclasmamento e esfoliação tendente a vertical ; nos planos de fraqueza, material quartzofeldspático. Rocha sã, coerente e fraturada.
		85		49			
		78		66	7,70		
DATA: 28 03 83		RECU. (%)	COROA	R.Q.D. (%)	20 40 60 80 % DE RECUPERAÇÃO		OBS.:
INDICADOR:		SONDAGEM ROTATIVA		Nº DE FRAGMENTOS POR METRO DE MANOBRA			
REPARADO POR:				VISTO:			
ENGº GEOTÉCNICO				COORD. DO PROJETO			



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

<b>CONSÓRCIO NORONHA – HIDROTERRA</b>		<b>MI</b>		- DNOS - TRANSPOSIÇÃO DAS ÁGUAS DO SÃO FRANCISCO <b>PERFIL DE SONDAGEM</b>		OBRA: 2189 Nº		
TIPO DE SONDAGEM: SMB-C Bom Jesus IV Est.1294+50m		COTA DA BOCA DO FURO: 285,117		PROF. DO N.A. (m)		INICIAL: —      FINAL: 4,20 DATA: 28.03.83      DATA: 28.03.83		
COTA DO N. A. FINAL (m)	REVESTIMENTO	ENSÁIO DE PENETRAÇÃO DINÂMICA				CAMADAS		
		Nº DE GOLPES / 30 cm		GRÁFICO DO Nº DE GOLPES/30cm		PROF. (m)	CLASSIFICAÇÃO	
		INICIAIS	AXIOMETRA	FINAIS	— INICIAIS			--- FINAIS
					10 20 30 40			
N.A. 4,20 	2 1/2"	5		6			0,00	Areia argilosa, cor par da.
		14		15			2,45	Areia com pedregulhos de gnaise meteorizado com ferro-magnesianos.
	5,50				0	5,50	Gnaise ferro-magnesiano, cor escura, com presença de pegmatitos de feldspato roseo intercalados.	
			7	BW	10			
			20		0			
			17		9			
		31		28		15,55		
DATA: 28 03 83		RECUR. (%)      Ø COROA      R.Q.D. (%)		20 40 60 80 % DE RECUPERAÇÃO		OBS.:		
SONDADOR:		SONDAGEM ROTATIVA		Nº DE FRAGMENTOS POR METRO DE MANOBRAS		_____ _____ _____		
PREPARADO POR: <i>UAT</i> ENGRº GEOTÉCNICO				VISTO: <i>[Signature]</i> COORD. DO PROJETO				



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

	CONSÓRCIO NORONHA – HIDROTERRA		MI - DNOS - TRANSPOSIÇÃO DAS ÁGUAS DO SÃO FRANCISCO PERFIL DE SONDAGEM	OBRA: 2189 Nº
TIPO DE SONDAGEM:	SMB-QE Bom Jesus IV Est. 1285	COTA DA BOCA DO FURO:	290,178	PROF. DO INICIAL: — N.A. (m) DATA: 28.03.83
				FINAL: 1,90 DATA: 29.03.83

COTA DO N. A. FINAL (m)	REVESTIMENTO	ENSÁIO DE PENETRAÇÃO DINÂMICA				CAMADAS	
		Nº DE GOLPES / 30cm			GRÁFICO DO Nº DE GOLPES/30cm	PROF. (m)	CLASSIFICAÇÃO
		INICIAIS	A M O S T R A	FINAIS			
N.A. 1,90	2 1/2"	14	38/15	0	0,00	Argila com pedregulhos.	
	2,00	27	0	0	0,80	Meteorização de gnaise.	
		43	0	0	2,00	Gnaise, cor cinza escuro com bandas claras apresentando níveis quartzíticos; rocha sã, coerente e fraturada.	
		38	0	0			
		24	0	0	7,95		

DATA: 29.03.83	φ	R.Q.D. (%)	20 40 60 80 % DE RECUPERAÇÃO	OBS.:
SONDADOR:	COROIA	(%)	Nº DE FRAGMENTOS POR METRO DE MANOBRA	
SONDAGEM ROTATIVA				

PREPARADO POR: <div style="text-align: center;"></div> ENGº GEOTÉCNICO	VISTO: <div style="text-align: center;"></div> COORD. DO PROJETO
---	---



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

	<b>CONSÓRCIO NORONHA – HIDROTERRA</b>		MI - DNOS - TRANSPOSIÇÃO DAS ÁGUAS DO SÃO FRANCISCO <b>PERFIL DE SONDAGEM</b>	OBRA: 2189 Nº		
TIPO DE SONDAGEM: Canal Bom Jesus IV - Cacaré I SMC-01	COTA DA BOCA DO FURO: 308,80	PROF. DO N.A. (m)	INICIAL: — DATA: 06.04.83	FINAL: 1,70 DATA: 07.04.83		
COTA DO N. A. FINAL (m)  N.A. 1,70	REVESTIMENTO  2 1/2"	<b>ENSÁIO DE PENETRAÇÃO DINÂMICA</b>			<b>CAMADAS</b>	
		Nº DE GOLPES / 30cm INICIAIS	AMPLITUDE A M P L I T U D E	FINAIS	GRÁFICO DO Nº DE GOLPES/30cm — INICIAIS - - - FINAIS 10 20 30 40	PROF. (m)
	3,55	7	AW	8	0,00 1,00 3,55 10,40	Argila com seixos.  Meteorização de gnaiss.  Gnaiss feldspático, cinza escuro, com lentes quartzo-feldspáticas de cor róseo; rocha dura, pouco fraturada, e coesiva.
DATA: 07.04.83	RECUR. (%)	Ø C O R O A	R.Q.D. (%)	20 40 60 80 % DE RECUPERAÇÃO	OBS.:	
SONDADOR:	SONDAGEM ROTATIVA			<input type="checkbox"/> Nº DE FRAGMENTOS POR METRO DE MANOBRA	_____ _____ _____	
PREPARADO POR: <i>VAS</i> ENGº GEOTÉCNICO				VISTO: <i>[Assinatura]</i> COORD. DO PROJETO		



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

<b>CONSÓRCIO NORONHA – HIDROTERRA</b>		<b>MI</b>		- DNOS - TRANSPOSIÇÃO DAS ÁGUAS DO SÃO FRANCISCO <b>PERFIL DE SONDAGEM</b>		<b>OBRA: 2189</b> Nº	
TIPO DE SONDAGEM: Canal Bom Jesus IV Bom Jesus V SMC-01		COTA DA BOCA DO FURO: 313,06		PROF. DO N.A. (m) INICIAL: — DATA: 30.03.83		FINAL: 1,68 DATA: 31.03.83	
COTA DO N. A. FINAL (m)	REVESTIMENTO	ENSÁIO DE PENETRAÇÃO DINÂMICA				CAMADAS	
		Nº DE GOLPES / 30cm		GRÁFICO DO Nº DE GOLPES/30cm		PROF. (m)	CLASSIFICAÇÃO
INICIAIS	A M O S T R A	FINAIS	— INICIAIS --- FINAIS 10 20 30 40				
N.A. 1,68	2 1/2" 1,10	30/10	AW	0	0	0,00	Solo argiloso, com seixos.
		9		0	0	1,10	Meteorização areno-argilosa de gnaisse.
		18		9	0	3,20	Rocha gnáissica, quartzo-feldspática, textura, média e grsseira, sã, coe-rente e fraturada.
		14		0	0		
		19		0	0		
						10,35	
DATA: 31.03.83		RECUR. (%)	φ C O R O A	R.Q.D. (%)	20 40 60 80 % DE RECUPERAÇÃO	OBS.:	
SONDADOR:				Nº DE FRAGMENTOS POR METRO DE MANOBRA			
SONDAGEM ROTATIVA							
PREPARADO POR: <i>UAT</i>					VISTO: <i>[Assinatura]</i>		
ENGº GEOTÉCNICO					COORD. DO PROJETO		



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

<b>CONSÓRCIO NORONHA – HIDROTERRA</b>		<b>MI</b>		- DNOS - TRANSPOSIÇÃO DAS ÁGUAS DO SÃO FRANCISCO <b>PERFIL DE SONDAGEM</b>		<b>OBRA: 2189</b> N°				
TIPO DE SONDAGEM: <b>SMB-OD Bom Jesus V Est. 1,334+1,0m</b>		COTA DA BOCA DO FURO: <b>294,160</b>		PROF. DO N.A. (m) <b>INICIAL: —</b> <b>FINAL: 1,70</b> <b>DATA: 06.04.83</b> <b>DATA: 06.04.83</b>						
COTA DO N. A. FINAL (m)	REVESTIMENTO	ENSÁIO DE PENETRAÇÃO DINÂMICA				CAMADAS				
		Nº DE GOLPES / 30 cm		GRÁFICO DO Nº DE GOLPES/30cm		PROF. (m)	CLASSIFICAÇÃO			
		INICIAIS	Δ MONTADA	FINAIS	— INICIAIS			--- FINAIS		
					10	20	30	40		
<b>N.A. 1,70</b> 	2 1/2"	8		35/15					0,00	Argila com seixos.
									0,80	Meteorização de gnaiss.
	2,80		11		0				2,80	Gnaiss quartzo-feldspático, cor cinza escuro devido a presença de ferro-magnesianos (mica inclusa); rocha sã, fraturada, com quartzo e feldspato ao longo da foliação.
			16		0				8,10	
		38		0						
DATA: <u>06.04.83</u>		RECUP. (%) <b>φ</b> C O R O A		R.Q.D. (%)		20 40 60 80 % DE RECUPERAÇÃO		OBS.:		
SONDADOR:		SONDAGEM ROTATIVA				Nº DE FRAGMENTOS POR METRO DE MANOBRA				
PREPARADO POR: <b>UAT</b> ENGº GEOTÉCNICO						VISTO: COORD. DO PROJETO				



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

<b>N</b>	CONSÓRCIO NORONHA – HIDROTERRA	<b>M</b>	MI	- DNOS - TRANSPOSIÇÃO DAS ÁGUAS DO SÃO FRANCISCO	OBRA: 2189	
					PERFIL DE SONDAGEM	Nº
TIPO DE SONDAGEM: SMB-C Bom Jesus V Est. 1340+100m		COTA DA BOCA DO FURO: 286,014		PROF. DO N.A. (m)	INICIAL: — DATA: 29.03.81	FINAL: 2,18 DATA: 31.03.83

COTA DO N. A. FINAL (m)	REVESTIMENTO	ENSÁIO DE PENETRAÇÃO DINÂMICA					CAMADAS			
		Nº DE GOLPES / 30 cm			GRÁFICO DO Nº DE GOLPES/30cm				PROF. (m)	CLASSIFICAÇÃO
		INICIAIS	AMOSTRA	FINAIS	— INICIAIS ---- FINAIS 10 20 30 40					
		11		0				17,30	Idem	
		40		0						
		18	BW	0						
		12		0				22,45		

DATA: 31 . 03 . 83	ϕ	RECUR. (%)	R.Q.D. (%)	20 40 60 80 % DE RECUPERAÇÃO	OBS.:
SONDADOR:	COROA			N Nº DE FRAGMENTOS POR METRO DE MANOBRA	
SONDAGEM ROTATIVA					

PREPARADO POR:	VISTO:
ENGº GEOTÉCNICO	COORD. DO PROJETO



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

	<b>CONSÓRCIO</b> NORONHA – HIDROTERRA		M: - DNOS - TRANSPOSIÇÃO DAS ÁGUAS DO SÃO FRANCISCO	<b>OBRA: 2189</b>	
	PERFIL DE SONDAAGEM		Nº		
TIPO DE SONDAAGEM:	SMB-OE Bom Jesus V Est. 1346	COTA DA BOCA DO FURO : 295,728	PROF. DO N.A. (m)	INICIAL: — DATA: 06.04.83	FINAL: 2.00 DATA: 07.04.83

COTA DO N. A. FINAL (m)	REVESTIMENTO	ENSÁIO DE PENETRAÇÃO DINÂMICA				CAMADAS	
		Nº DE GOLPES / 30cm			GRÁFICO DO Nº DE GOLPES/30cm	PROF. (m)	CLASSIFICAÇÃO
		INICIAIS	A MOSTRA	FINAIS			
N.A. 2,00	2 1/2" 1,40	10	36/25	0	0,00	Areia argilosa, granulometria média a grossieira.	
		11	0	0	1,40	Gnaiss cinza com níveis claros, quartzo-feldspáticos: rocha sã, coerente e fraturada.	
		16	0	0			
		23	0	0			
		16	0	0	7,85		

DATA: 07 04 83	RECUR. (%)	R.Q.D. (%)	% DE RECUPERAÇÃO 20 40 60 80	Nº DE FRAGMENTOS POR METRO DE MANOBRA	OBS.:
SONDADOR:	φ C O R O A				
SONDAAGEM ROTATIVA					

PREPARADO POR: <div style="text-align: center;">   <b>ENGº GEOTÉCNICO</b> </div>	VISTO: <div style="text-align: center;">   <b>COORD. DO PROJETO</b> </div>
---	---





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

	<b>CONSÓRCIO</b> <b>NORONHA – HIDROTERRA</b>		MI - DNÓS - TRANSPOSIÇÃO DAS ÁGUAS DO SÃO FRANCISCO <b>PERFIL DE SONDAGEM</b>	<b>OBRA: 2189</b>  Nº			
TIPO DE SONDAGEM: SMB-C Bom Jesus VII Est. 1470+5,0m	COTA DA BOCA DO FURO: 290,239	PROF. DO N.A. (m)	INICIAL: — DATA: 07.04.83	FINAL: 2,30 DATA: 07.04.83			
COTA DO N. A. FINAL (m)	REVESTIMENTO	<b>ENSÁO DE PENETRAÇÃO DINÂMICA</b>				<b>CAMADAS</b>	
		Nº DE GOLPES / 30cm INICIAIS	A T M O R A	FINAIS	GRÁFICO DO Nº DE GOLPES/30cm — INICIAIS - - - FINAIS 10 20 30 40	PROF. (m)	<b>CLASSIFICAÇÃO</b>
N.A. 2,30 — —	2 1/2"   5,00	6  9  14  19  5  7  11  48  14  10  11  34  24	6  11  15  27  0  0  0  0  0  0  0  0		0,00   3,00   5,00            16,45	Areia argilosa.   Areia grossa, argilosa.           Gnaisse bastante fraturado, granulação fina e média, com veios de quartzo verticalizados, cor rósea com pontuações claras.	
DATA: 07.04.83	RECU. (%)	Ø C O R O A	R.Q.D. (%)	20 40 60 80 % DE RECUPERAÇÃO N Nº DE FRAGMENTOS POR METRO DE MANOBRAS	OBS.:		
SONDADOR:		SONDAGEM ROTATIVA					
PREPARADO POR: <i>VAT</i> ENGº GEOTÉCNICO				VISTO: <i>[Signature]</i> COORD. DO PROJETO			



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

	<b>CONSÓRCIO NORONHA – HIDROTERRA</b>		MI - DNOS - TRANSPOSIÇÃO DAS ÁGUAS DO SÃO FRANCISCO <b>PERFIL DE SONDAGEM</b>	<b>OBRA: 2189</b>  Nº
--	---------------------------------------	--	--	-----------------------------

TIPO DE SONDAGEM: Canal Bom Jesus VII Santa Helena SMC-01	COTA DA BOCA DO FURO: 303,96	PROF. DO N.A. (m)	INICIAL: — DATA: 22.04.83	FINAL: 5,20 DATA: 22.04.83
---	------------------------------	-------------------	------------------------------	-------------------------------

COTA DO N. A. FINAL (m)	REVESTIMENTO	ENSÁIO DE PENETRAÇÃO DINÂMICA						CAMADAS	
		Nº DE GOLPES / 30cm			GRÁFICO DO Nº DE GOLPES/30cm — INICIAIS --- FINAIS 10 20 30 40			PROF. (m)	CLASSIFICAÇÃO
		INICIAIS	A PARTIR DE	FINAIS					
N.A. 5,20	2 1/2"  2,40	19	AW	45/15	10	0	0,00 0,80	Solo areno-argiloso.  Meteorização de rocha arenítica ou cataclástica.	
		9	AW	0	9	0	5,80	Rocha cataclástica com textura arenítica, pouco coerente, parcialmente meteorizada, muito fraturada.	
		2	AW	0	2	0	10,20	Gnaise com evidências de cataclase.	
							12,80		

DATA: 22.04.83	RECUR. (%)	Ø COROIA	R. Q. D. (%)	20 40 60 80 % DE RECUPERAÇÃO <input type="checkbox"/> Nº DE FRAGMENTOS POR METRO DE MANOBRA	OBS.:
----------------	------------	-------------	--------------	---	-------

PREPARADO POR: <div style="text-align: center;">   <b>ENGº GEOTÉCNICO</b> </div>	VISTO: <div style="text-align: center;">   <b>COORD. DO PROJETO</b> </div>
---	---



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

---

Apresenta-se nesta parte, uma seqüência de perfis cuja descrição foi recuperada somente em forma de texto e truncada em alguns pontos.

Essas sondagens foram feitas nos estudos datados de 1983.

### **SMN-15**

- 0,00 - solo areno-argiloso
- 0,80 - solo saprolito com fragmentos de rocha
- 5,20 - N.A
- 5,80 - saprolito de rocha (gnaisse milonítico)
- 10,20 - gnaisse milonítico
- 12,80 - fim

### **SMN-16**

- 0,00 - solo arenoso
- 0,80 - rocha meteorizada ( 1,15 - N.A.)
- 2,60 - arenito calcífero, creme com pontuações castanhas, textura fina a média, rocha pouco coerente, c/ alto grau de absorção d'água
- 9,70 - fim.

### **SMN-17**

- 0,00 - solo arenoso
- 1,50 - meteorização do arenito
- 3,50 - arenito silicificado são e coerente
- 5,04 - granito migmatítico cor rosa claro, coerente, são e fraturado
- 10,60 - fim.

### **SMN-18**

- 0,00 - solo areno-argiloso, cor parda
- 1,50 - granito róseo, muito coerente, são, fraturado
- 5,60 - xisto gnaisse, rico em ferromagnesianos
- 8,58 - fim.

### **SMN-19**

- 0,00 - 1,25 - Provável aluvião
- 1,25 - 5,45 - arenito alterado
- 5,45 - fim - rocha (arenito?)



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

---

### **SMN-20**

0,00 - 0,60 - solo arenoso

0,60 - 1,80 - rocha alterada

1,80 - 7,20 - biotita gnaisse, com qtzo, feldspato, são, coerente, muito fraturado (N.A. a 3,20)

### **SMN-21**

0,00 - 0,50 - solo arnoso com pedregulhos

0,50 - 1,30 - meteorização de rocha (N.A. 0,9 m)

1,30 - 4,50 - gnaisse com biotita, quartzo e feldspato, cinza, com bandas claras, muito coerente são e pouco fraturado.





### Localização das Sondagens à Percussão

SONDAGENS À PERCUSSÃO	COORDENADAS	
	NORTE	LESTE
SP-401	9290460	575600
SP-402	9291033	576427
SP-403	9293398	577746
SP-404	9295660	579100



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

OBRA : TSF-TRECHO 4		SONDAGEM : SP-01		RUMO :														
LOCAL : ATERRO		COTA : 0.000		INCLINAÇÃO : 0														
EXECUTORA : PROGEO		ESTACA :		COORD. N : 9290.450														
INÍCIO : 26/01/00		TERMINO : 26/01/00		COORD. E : 575.600														
AFASTAMENTO :																		
DIÁMETRO	REVESTIMENTO	COTAS (m)	NÍVEL D'ÁGUA	PROFUNDIDADE (m)	PERFIL GEOLÓGICO	DESCRICAÇÃO DO MATERIAL	RESISTÊNCIA A PENETRACÃO - SPT	FRATURAMENTO	INCLINAÇÃO	GRU	GRU DE ALTERACÃO	COERÊNCIA	PROFUNDIDADE	ENSAIO DE INFILTRACÃO OU DE PERDA D'ÁGUA SOB PRESSÃO				CLASSE DE RISCO
							15 cm 30 cm 45 cm 60 cm 75 cm 90 cm	FRATURAS/m (POR TRECHO HOMOGENEO) 15 10 5						PRESSÃO DE LITRA (kg/cm <sup>2</sup> ) VAZÃO (l/s)	PERDA D'ÁGUA ESPECÍFICA (l/m <sup>2</sup> /h)	PERÍODO DE RECARGA (h)	PERÍODO DE RECARGA (h)	
						ALUVIÃO, silte argiloso c/ areia fina, matéria orgânica, marrom clara, endurece quando seca.	4 5											
						ALUVIÃO, areia fina, silty, creme, pouca matéria orgânica, endurecida quando seca.	10 17											
						ALUVIÃO areia média a grossa, c/ granulos feldspáticos, c/ pouca matéria orgânica, creme a marrom, endurece quando seca.	18 18											
						SOLO SAPROLÍTICO DE GNAISSE, c/ qtz, biotita e feldspato, foliado, bandado, em médio ângulo, cinza, granulometria média.	10 50 25/10											

NOTAS: N.A. SECO.



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

OBRA : TSF-TRECHO 4		SONDAGEM : SP-402		RUPO :														
LOCAL : ATERRO		COTA : 0.000		INCLINAÇÃO : 0														
EXECUTORA: PROGEO		ESTACA :		COORD. N : 9219.033														
INICIO : 26/01/00		TERMINO : 26/01/00		E : 576.427														
AFASTAMENTO :																		
DIAMETRO	REVESTIMENTO	MÉTODO DE PENETRAÇÃO	COTAS (m)	NÍVEL D'ÁGUA	PROFUNDIDADE (m)	PERFIL GEOLÓGICO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO - SPT			FRATURAMENTO			ENSAIOS DE INFILTRAÇÃO OU DE PERDA D'ÁGUA SOB PRESSÃO				
								PRIMEIROS 15 cm	ULTIMOS 30 cm	10 20 30 40	RECUPERAÇÃO (x)	FRATURAS/n (POR TRECHO HOMOGENEO)	GRU	GRU DE ALTERAÇÃO	COERÊNCIA	PROFUNDIDADE (m)	PRESSÃO EFETIVA (kg/cm²)	VAZÃO (l/s/m)
					2.00		SOLO COLUVIAL, areia c/ cascalho, silteosa, c/ materia organica, friavel, marrom escura.	21										
					2.75		SOLO SAPROLITICO DE GNAISSE, medio, foliado, c/ raizes, veio de qtz.	70	50									

NOTAS : N.A. SECO.





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

OBRA : TSF-TRECHO 4		SONDAGEM : SP-403		RUÍDO :														
LOCAL : CORTE		COTA : 0.000		INCLINAÇÃO : 0														
EXECUTORA: PROGED		ESTACA :		COORD. N : 9293.398														
INÍCIO : 27/01/00		TERMINO : 27/01/00		E : 577.746														
AFASTAMENTO :																		
DIAMETRO REVESTIMENTO PERÍODO DE PERFORMANÇ	COTAS (m) NÍVEL D'ÁGUA	PROFUNDIDADE (m)	PERFIL GEOLOGICO	DESCRICAÇÃO DO MATERIAL	RESISTENCIA A PENETRAÇÃO - SPT		FRATURAMENTO		INCLINAÇÃO	GRU	GRU DE ALTERAÇÃO	CORRENCIA	PROFUNDIDADE (m)	ENSAYO DE INFILTRACAO DU DE PERDA D'AGUA SOB PRESSAO				CLASSE DE TRILHA
					PRESSIONES (kg/cm²)	ULTIMOS GOLPES	FRATURAS/n (POR TRECHO HOMOGENEO)	GRU						PRESSAO EFETIVA (kg/cm²)	VAZAO (l/s/m)	PERDA D'AGUA ESPECIFICA (l/min/m²)	PERCENTUAL DE PERDA LITONIA (%)	
		2.00		SOLO COLUVIAL, areia fina, silto-argilosa, c/ granulos, feldspatica, c/ materia organica, pouco coesa, vermelha	12													
		2.32		SOLO SAPROLITICO medio, c/ quartzo, feldspato, biotita, foliada, creme-rosado	50													

NOTAS : N.A. SECO



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

OBRA : TSF-TRECHO 4		SONDAGEM : SP-401		RUFO :															
LOCAL : CORTE		COTA : 0.000		INCLINAÇÃO : 0															
EXECUTORA: PROGED		ESTACA :		COORD. N : 9295.560															
INÍCIO : 27/01/00		TERMINO : 27/01/00		COORD. E : 579.100															
AFASTAMENTO :																			
DIÁMETRO REVESTIMENTO MÉTODO DE PERFURAÇÃO	COTAS (m) NÍVEL D'ÁGUA	PROFUNDIDADE (m)	PERFIL GEOLOGICO	DESCRICAÇÃO DO MATERIAL	RESISTENCIA A PENETRAÇÃO - SPT			INCLINAÇÃO	FRATURAMENTO			GRAU DE ALTERAÇÃO	COERENCIA	PROFUNDIDADE (m)	ENSAIO DE INFILTRAÇÃO OU DE PERDA D'ÁGUA SOB PRESSÃO				CLASSE DE TÍPICO
					PROFIENDOS 15 cm	ULTIMOS 30 cm	GOLPES 10 20 30 40		FRATURAS/m (POR TRECHO HOMOGENEIO)	GRAU	PRESSÃO EFLUVA (kg/cm <sup>2</sup> )				WAZIO (l/m <sup>2</sup> )	PERDA D'ÁGUA ESPECIFICA (l/m <sup>2</sup> /m)	PERDA LITONIA (cm <sup>3</sup> /m)		
		2.00		SOLO COLUVIAL areia fina a media, silteosa, feldspática, c/ granulos, friavel, c/ materia organica.	30														
		2.86		SOLO SAPROLITICO muito alterada, fino, c/ qtz e feldspato, rosa-creme	30			20/06											

NOTAS : N.A. SECO.