

## MÓDULO III PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM TRAIRI

### VOLUME III – DETALHAMENTO DO PROJETO EXECUTIVO

### TOMO 5 – SÍNTESE

Rev.	Data	Descrição	Por	Ver.	Apr.	Aut.
00	Jun/02	Emissão Inicial	WBSR	JRPR/WBSR	NKT	NKT
01	Jul/02	Alterações Segundo as Considerações da 39ª Reunião do PISB	WBSR	JRPR/WBSR	NKT	NKT
02	Set/02	Alterações Segundo as Considerações da 40ª Reunião do PISB	WBSR	JRPR/WBSR	NKT	NKT
03	Dez/02	Alterações Segundo as Considerações da 41ª Reunião do PISB	WBSR	JRPR/WBSR	NKT	NKT
04	Dez/02	Projeto Final – Com as Alterações da 42ª Reunião do PISB	WBSR	JRPB/WBSR	NKT	NKT

## ÍNDICE

## ÍNDICE

<u>APRESENTAÇÃO</u> .....	4
<u>1 - INTRODUÇÃO</u> .....	7
<u>2 - LOCALIZAÇÃO E ACESSO</u> .....	13
<u>3 - PROJETO DA BARRAGEM</u> .....	16
<u>3.1 - CONCEPÇÃO DA BARRAGEM</u> .....	17
<u>3.1.1 - Caracterização da Fundação</u> .....	17
<u>3.1.2 - Rebaixamento do Lençol Freático</u> .....	20
<u>3.1.3 - Geometria da Trincheira de Fundação</u> .....	20
<u>3.1.4 - Cortina de Injeção</u> .....	21
<u>3.1.5 - Local de Bota-Fora</u> .....	22
<u>3.1.6 - Maciço da Barragem</u> .....	22
<u>3.1.7 - Sangradouro</u> .....	23
<u>3.1.8 - Tomada D'água</u> .....	24
<u>3.1.9 - Apresentação do Projeto</u> .....	25
<u>4 - RESUMO DOS INVESTIMENTOS</u> .....	27

## APRESENTAÇÃO

## APRESENTAÇÃO

Os serviços executados pelo Consórcio JP ENGENHARIA – AGUASOLOS – ESC/TE, no âmbito do Contrato nº 005/PROGERIRH-PILOTO/CE/SRH/2001, assinado em 22/03/2001 com a Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará (SRH-CE), tem como objeto a Elaboração dos Estudos de Viabilidades Técnicas, Ambientais e Econômicas, EIA's-RIMA's, Projetos Executivos, Levantamentos Cadastrais e Planos de Reassentamentos de Populações, Manuais de Operação e Manutenção e Avaliação Financeira e Econômica, referentes às Barragens GAMELEIRA, TRAIRI, JENIPAPEIRO, MARANGUAPE I e MARANGUAPE II e Adutoras de ITAPIPOCA, TRAIRI, IPAUMIRIM/BAIXIO/UMARI e MARANGUAPE/SAPUPARA/URUCARÁ/LADEIRA GRANDE, no Estado do Ceará.

Os estudos desenvolvidos, em atendimento aos Termos de Referência, são constituídos por atividades multidisciplinares que permitem a elaboração de relatórios específicos organizados em Módulos, Volumes e Tomos. As partes e tomos que compõem o acervo do contrato são os apresentados na seqüência:

### Módulo I – Estudos de Alternativas de Localização das Barragens e Adutoras

VOLUME I – Estudo de Alternativas e Opções para a Localização dos Eixos Barráveis e Adutoras

### Módulo II – Estudos dos Impactos Ambientais

VOLUME I – Estudos dos Impactos Ambientais - EIA

VOLUME II – Relatório dos Estudos dos Impactos Ambientais - RIMA

### Módulo III – Projeto Executivo das Barragens

VOLUME I – Estudos Básicos

Tomo 1 – Relatório Geral

Tomo 2 – Estudos Hidrológicos

Tomo 3 – Estudos Cartográficos

Tomo 4 – Estudos Topográficos

Tomo 5 – Estudos Geológicos e Geotécnicos

VOLUME II – Anteprojeto

Tomo 1 – Relatório de Concepção Geral

Tomo 2 – Plantas

## **VOLUME III – Detalhamento do Projeto Executivo**

Tomo 1 – Memorial Descritivo do Projeto

Tomo 2 – Memória de Cálculo

Tomo 3 – Especificações Técnicas

Tomo 4 – Quantitativos e Orçamentos

### **Tomo 5 – Síntese**

Tomo 6 – Plantas

## Módulo IV – Levantamento Cadastral e Plano de Reassentamento

### VOLUME I – Levantamento Cadastral

Tomo 1 – Relatório Geral

Tomo 2 – Laudos Individuais de Avaliação

### VOLUME II – Plano de Reassentamento

Tomo 1 – Diagnóstico Socioeconômico

Tomo 2 – Detalhamento do Plano de Reassentamento

## Módulo V – Projeto Executivo das Adustras

### VOLUME I – Estudos Básicos - Levantamentos Topográficos e Investigações Geotécnicas

### VOLUME II – Anteprojeto

### VOLUME III – Detalhamento do Projeto Executivo

Tomo 1 – Memorial Descritivo

Tomo 2 – Memória de Cálculo

Tomo 3 – Quantitativos e Orçamentos

Tomo 4 – Especificações Técnicas e Normas de Medições

Tomo 5 – Plantas

## Módulo VI – Elaboração dos Manuais de Operação e Manutenção

### VOLUME 1 – Manuais de Operação e Manutenção

## Módulo VII – Avaliação Financeira e Econômica do Projeto

### VOLUME 1 – Relatório de Avaliação Financeira e Econômica do Projeto

O presente relatório é nomeado como Volume III – Detalhamento do Projeto Executivo, Tomo 5 – Síntese, e é parte integrante do Módulo III.

## 1 - INTRODUÇÃO

## 1 - INTRODUÇÃO

Atendendo ao disposto nos Termos do Contrato Nº 005-PROGERIRH/PILOTO/CE/SRH/2001 e seus correspondentes anexos, compostos do Edital de Concorrência SDP Nº 05/00-PROGERIR/SRH/CE e a Proposta Técnica e de Preços, referente ao Projeto Executivo da Barragem Trairi, no Estado do Ceará, estamos apresentando o presente relatório, descrevendo as etapas que foram empreendidas no “Módulo III” do mencionado contrato, inerentes ao Projeto da Barragem Trairi.

O objetivo deste trabalho é descrever os estudos básicos elaborados e apresentar a concepção do projeto da Barragem Trairi. Assim sendo, o relatório aborda os seguintes tópicos:

- Localização e Acesso;
- Projeto da Barragem;
- Orçamento.

As principais características da Barragem Trairi são apresentadas na ficha técnica a seguir:

### FICHA TÉCNICA DA BARRAGEM TRAIRI

– **Identificação**

Denominação: ..... Barragem Trairi  
 Estado: ..... Ceará  
 Município: ..... Trairi  
 Sistema: ..... Bacia Litorânea  
 Rio Barrado: ..... Rio Trairi  
 Coordenadas UTM (Marco M-01=Est. 70+00): (9.627.510,507 N; 463.032,097 E)  
 Proprietário: ..... Estado do Ceará/SRH  
 Autor do Projeto: ..... Consórcio JP-ENG/AGUASOLOS/ESC-TE  
 Data do Projeto: ..... Dez/2002

– **Bacia Hidrográfica**

Área: ..... 327,02 km<sup>2</sup>  
 Precipitação média anual: ..... 1.150,50 mm  
 Evaporação média anual: ..... 1.914,70 mm

### – Características do Reservatório

Área da bacia hidráulica (cota 30,50m): .....	1.016,00 ha
Volume acumulado (cota 30,50 m): .....	58,80 hm <sup>3</sup>
Volume afluente médio anual: .....	66,00 hm <sup>3</sup>
Volume morto do reservatório (cota: 21,00m): .....	5,67 hm <sup>3</sup>
Vazão regularizada (90%): .....	0,638 m <sup>3</sup> /s
Vazão afluente max. de projeto (TR=1.000anos): .....	661,00 m <sup>3</sup> /s
Vazão max. de projeto amortecida (TR=1.000anos): .....	218,00 m <sup>3</sup> /s
Vazão afluente max. de verificação (TR=10.000anos): .....	845,00 m <sup>3</sup> /s
Vazão max. de verificação amortecida (TR=10.000anos): .....	292,00 m <sup>3</sup> /s
Nível d'água máximo normal: .....	30,50 m
Nível d' água max. maximorum (TR=1.000anos): .....	31,70 m
Nível d' água max. maximorum (TR=10.000anos): .....	31,90 m

### – Barragem Principal

Tipo: .....	homôgenea de Solo
Altura máxima: .....	19,09 m
Largura do coroamento: .....	6,00 m
Extensão pelo coroamento: .....	1.305,16 m
Cota do coroamento: .....	El. 34,00 m
Volume de escavação (fundação): .....	110.000,00 m <sup>3</sup>
Volume do maciço: .....	520.000,00 m <sup>3</sup>
Volume do maciço (cut-off): .....	110,000,00 m <sup>3</sup>
Volume de enrocamento (rip-rap e rock-fill): .....	41.000,00 m <sup>3</sup>
Volume de transições: .....	12.000,00 m <sup>3</sup>
Volume de areia (filtro e transições): .....	31.000,00 m <sup>3</sup>
Largura máxima da base: .....	93,90 m
Talude de montante: .....	1,0 v: 2,5 h
Talude de jusante: .....	1,0 v: 2,0 h

### – Barragem Auxiliar BA-01

Tipo: .....	Homogênea de Solo
Altura Máxima: .....	0,90 m
Largura do Coroamento: .....	6,00 m
Extensão pelo Coroamento: .....	83,07 m

Cota do Coroamento:.....	34,00 m
Volume de Escavação (Fundação): .....	605,00 m <sup>3</sup>
Volume do Maciço: .....	120,00 m <sup>3</sup>
Volume de Enrocamento (rip-rap e rock-fill): .....	50,00 m <sup>3</sup>
Volume de Transições: .....	38,00 m <sup>3</sup>
Largura máxima da base: .....	10,05 m
Talude de Montante: .....	1:2,5 (V:H)
Talude de Jusante: .....	1:2,0 (V:H)

### – Tomada de água

Tipo: .....	galeria com tubo em Aço ASTM A-36 em chapa de ¼"
Localização: .....	ombreira esquerda estaca 13
Número de condutos: .....	1 (um)
Diâmetro: .....	700,00 mm
Comprimento do conduto: .....	88,00 m
Cota da geratriz inferior a montante: .....	El. 17,65 m
Cota de geratriz inferior a jusante: .....	El. 17,65 m
Volume de escavação: .....	44.000,00 m <sup>3</sup>
Volume de concreto armado: .....	180,00 m <sup>3</sup>
Volume do concreto de regularização: .....	26,00 m <sup>3</sup>
Comprimento total (incluindo entrada e saída): .....	100,85 m

### – Sangradouro

Tipo: perfil creager, bacia de dissipação, canal rápido e canal escavado em solo.	
Largura: .....	80,00 m
Cota da soleira: .....	30,50 m
Material: .....	concreto ciclópico e concreto armado
Altura do muro creager: .....	4,50 m
Vazão máxima de projeto (Tr=1000 anos): .....	218,00 m <sup>3</sup> /s
Lâmina máxima prevista (T.R=1000anos): .....	1,20 m
Lâmina máxima prevista (T.R=10.000anos): .....	1,40 m
Borda livre: .....	2,10 m
Volume de concreto ciclópico do perfil Creager: .....	1.700,00 m <sup>3</sup>
Extensão total do canal (Restituição + Aproximação): .....	547,00 m

**Canal de Restituição**

Tipo: ..... Canal escavado em solo

Largura: ..... 90,00 m

Extensão: ..... 367,00 m

Volume de escavação comum: ..... 327.000,00 m<sup>3</sup>

**Canal de Aproximação**

Tipo: ..... Canal escavado em solo

Largura: ..... 90,00 m

Extensão: ..... 180,00 m

Volume de escavação comum: ..... 161.000,00 m<sup>3</sup>

**Muros de Contenção Lateral**

Material: ..... concreto estrutural

Altura máxima: ..... 5,50 m

Comp. na margem direita: ..... 106,00 m

Comp. na margem esquerda: ..... 106,00 m

Volume de concreto estrutural: ..... 3.580,00 m<sup>3</sup>

**Bacia de Dissipação**

Extensão: ..... 21,00 m

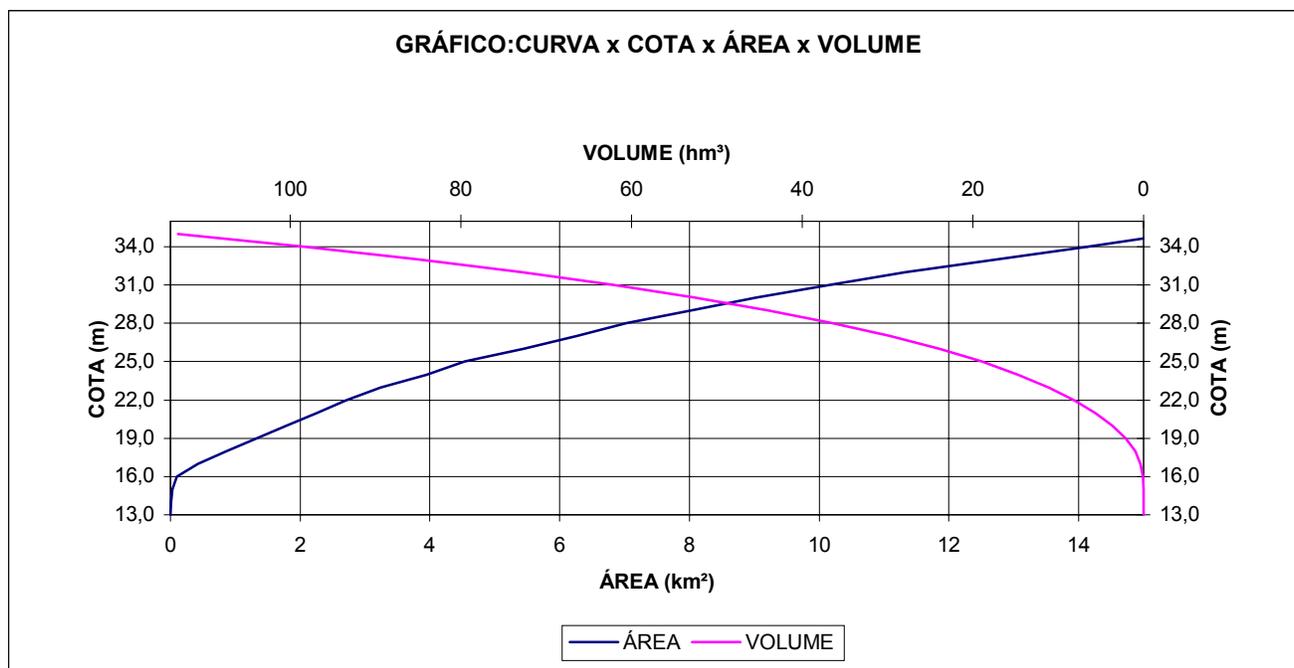
Largura: ..... 80,00 m

Material: ..... concreto estrutural

Volume de concreto estrutural: ..... 3.720,00 m<sup>3</sup>

A curva Cota x Área x Volume é mostrada no Gráfico 1.1, enquanto no Quadro nº1.1 é apresentado a tabulação dos dados da curva.

### Gráfico 1.1: Curva Cota x Área x Volume



**Quadro nº 1.1: Tabulação dos Dados da Curva**

COTA	AREA (m <sup>2</sup> )	VOLUME (m <sup>3</sup> )	VOLUME ACUMULADO (m <sup>3</sup> )
13,0	0	0	0
14,0	8.370,00	4.185,00	4.185,00
15,0	30.141,00	19.255,50	23.440,50
16,0	94.752,00	62.446,50	85.887,00
17,0	418.584,00	256.668,00	342.555,00
18,0	865.548,00	642.066,00	984.621,00
19,0	1.328.581,00	1.097.064,50	2.081.685,50
20,0	1.791.320,00	1.559.950,50	3.641.636,00
21,0	2.257.606,00	2.024.463,00	5.666.099,00
22,0	2.710.245,00	2.483.925,50	8.150.024,50
23,0	3.240.783,00	2.975.514,00	11.125.538,50
24,0	3.947.450,00	3.594.116,50	14.719.655,00
25,0	4.532.538,00	4.239.994,00	18.959.649,00
26,0	5.444.050,00	4.988.294,00	23.947.943,00
27,0	6.268.346,00	5.856.198,00	29.804.141,00
28,0	7.030.859,00	6.649.602,50	36.453.743,50
29,0	8.032.934,00	7.531.896,50	43.985.640,00
30,0	9.025.660,00	8.529.297,00	52.514.937,00
31,0	10.160.935,00	9.593.297,50	62.108.234,50
32,0	11.330.692,00	10.745.813,50	72.854.048,00
33,0	12.730.910,00	12.030.801,00	84.884.849,00
34,0	14.131.642,00	13.431.276,00	98.316.125,00
35,0	15.456.782,00	14.794.212,00	113.110.337,00

## 2 - LOCALIZAÇÃO E ACESSO

## 2 - LOCALIZAÇÃO E ACESSO

O município de Trairi localiza-se na região Norte do Estado do Ceará. Sua situação geográfica é definida pelas coordenadas 3°16'40" de latitude Sul e 39°16'08" de longitude Oeste. A altitude da sede é de 18 m. Os seus limites são: ao Norte o Oceano Atlântico; ao Sul os municípios de São Luiz do Curu e Tururu; a Leste Paraipaba e São Gonçalo do Amarante e a Oeste Itapipoca. A sua extensão territorial é de 756 km<sup>2</sup> e a distância a Fortaleza é de 130 km. O acesso a Fortaleza é feito pela BR-222 e pelas CE's-163 e 085.

O acesso ao sítio do barramento pode ser feito a partir de Fortaleza pela rodovia BR-222 até, aproximadamente, 4,2 km após a cidade de São Luiz do Curu. A partir desse ponto toma-se a direita (sentido norte) pela CE-163, na qual percorre-se cerca de 33 km, onde entra-se a esquerda, numa estrada carroçável na qual percorre-se cerca de 5 km e chega-se ao local do boqueirão, à 1 km da localidade denominada Córrego Fundo, bem próximo à rodovia CE-085. (ver figura a seguir).

Outra forma de acesso ao local do boqueirão partindo de Fortaleza é pela Rodovia Estruturante (CE-085) até a localidade de Córrego Fundo, aproximadamente 119 km. Deste ponto toma-se à esquerda em estrada carroçável e a 1 km chega-se ao local do boqueirão.

## ***Mapa de localização***

### 3 - PROJETO DA BARRAGEM

### **3 – PROJETO DA BARRAGEM**

#### **3.1 - CONCEPÇÃO DA BARRAGEM**

O presente capítulo contém o memorial descritivo e justificativo do Projeto Executivo da Barragem Trairi, o qual foi dividido nos seguintes itens, de acordo com os aspectos abordados:

- Caracterização da Fundação;
- Rebaixamento do Lençol Freático;
- Geometria da Trincheira de Fundação;
- Cortina de Injeção;
- Local de Bota-Fora;
- Maciço da Barragem;
- Sangradouro;
- Tomada D'Água.

##### **3.1.1 - Caracterização da Fundação**

Através da análise dos resultados das sondagens executadas no local das obras, pode-se traçar um provável perfil geotécnico da área do trecho barrável.

As características da fundação da Barragem Trairi podem ser visualizadas nos boletins de sondagens, nos ensaios de infiltração e perda d'água realizada, bem como no perfil geológico – geotécnico.

O eixo locado é dividido por dois segmentos contínuos, compostos pelo sangradouro e a barragem propriamente dita, ficando o sangradouro na ombreira esquerda com estaqueamento ao longo do eixo.

##### **3.1.1.1 - Calha do Rio**

Através da análise das sondagens consideradas representativas para esta área (SM-12 a SM-14), observa-se que o subsolo é formado predominantemente por depósitos de solos aluvionares (sedimentar recente), constituídos por areia fina e média siltosa com pedregulhos, medianamente compacta, de coloração cinza e amarela, com valores de SPT variando de 3 a 46 golpes em média. A profundidade média deste pacote aluvionar apresentou-se mais espesso no trecho central do rio, em torno de 4,90m, diminuindo para até 2,85m em direção às ombreiras.

Abaixo destas, encontra-se uma camada de solo residual, classificado como silte arenoso micáceo, com pedregulhos, pouco compacto, com colorações variando entre cinza e amarelo, com SPT variando entre 20 a 21/7 golpes em média. Em alguns trechos, mais especificamente na sondagem SM-14, encontra-se uma camada de argila arenosa com pedregulho, rija a dura, cinza e amarela. A camada de solo residual atingiu um máximo de 6,50m de profundidade, quando então encontrou-se rocha. Nos trechos a percussão, as profundidades foram limitadas, portanto, pelo solo residual, que se mostrou impenetrável à ferramenta de percussão.

A rocha de fundação se apresenta profunda nestas sondagens – a partir de 6,00m em média. O material detectado está classificado como biotita-xisto, dura, meio granulada, com recuperações baixas, denotando um alto grau de fraturamento. As porcentagens de recuperação ficaram em torno de 20 a 70%.

O nível d'água se apresentou entre 2,70m e 4,00m e não foi detectado na SM-14.

Os ensaios de permeabilidade “in situ” nas camadas de solo apresentaram resultados variando entre  $k =$  coeficiente de permeabilidade  $\cong 1,98 \times 10^{-5}$  cm/s a  $k \cong 2,78 \times 10^{-4}$  cm/s para as primeiras camadas de areia. Nas camadas seguintes, determinaram-se valores entre  $k =$  coeficiente de permeabilidade  $\cong 1,54 \times 10^{-6}$  cm/s a  $k \cong 6,97 \times 10^{-6}$  cm/s para o solo residual.

Os ensaios de perda d'água específica nas rochas, apresentaram, valores de condutividade hidráulica do maciço variando entre P.E= Perda d'Água Específica= 0,07 a 9,06 l/min/m/kg/cm<sup>2</sup>, que traduz permeabilidades variando em torno de  $k = 7,02 \times 10^{-6}$  a  $9,55 \times 10^{-4}$  cm/s.

No entanto, uma característica marcante dos ensaios de perda d'água se dá através da análise dos gráficos de vazão x pressão. O que se nota é que na maioria dos casos, o maciço se comporta com regime laminar sem alteração de fenda. Somente no caso do ensaio efetuado na SM-12, no trecho de 6,50 a 9,50m, o regime se dá como turbulento com discreta abertura de fendas.

Para o caso da Barragem Trairi, e analisando-se as pressões atuantes nesta região, pode-se concluir que não haverão problemas localizados relativos a abertura de fendas por elevação da pressão atuante, uma vez que estas ficarão abaixo daquelas aplicadas nos ensaios.

A recomendação que se faz, quando do início das obras, que nova campanha de ensaios de perda d'água sejam executados. Isto se faz necessário, de forma a

mapear melhor este local, e a níveis de pressão compatíveis aos solicitantes quando da operação do reservatório.

Estes dados serão utilizados para refinar uma eventual campanha de injeção de calda de cimento nas fraturas do maciço para impermeabilização do mesmo, bem como evitar a “clacagem”, isto é, alargamento das fissuras existentes e abertura de novas durante a execução das injeções, rompendo a rocha segundo planos de fraqueza, criando, portanto um maciço diferente do original.

### 3.1.1.2 - Ombreiras

Na região das ombreiras encontra-se uma camada de solo sedimentar antigo na ombreira direita e solo sedimentar recente na ombreira esquerda. Este é caracterizado por areia siltosa fina e média, de colorações variando entre amarelo, cinza e marrom, com espessuras variando entre 0,70m e 9,17m. Os valores de SPT encontrados nas sondagens estavam em torno de 2 a 19 golpes em média.

Na ombreira esquerda, abaixo da camada de areia, encontra-se uma camada de argila silto-arenosa com pedregulhos, rija, com coloração variando entre vermelho e cinza variegada. Esta camada foi observada até 24,32m, conforme consta na SP-02. Na SM-15, a partir de 19,00m, detectou-se arenito muito macio, branco esverdeado, com recuperações em torno de 10% e 40%.

Na ombreira direita, esta camada de argila areno siltosa é detectada, aparecendo, no entanto, com concreções lateríticas. A profundidade máxima observada é de 14,18m e valores de SPT em torno de 22 a 15/3 golpes. Não foram executadas sondagens mistas nesta ombreira.

As sondagens a percussão tiveram suas profundidades limitadas pelo solo residual que se mostrou impenetrável à ferramenta de percussão. O nível d'água não foi detectado durante os ensaios.

Os ensaios de permeabilidade “in situ” nas camadas de solo na SP-15, apresentaram resultados variando entre  $k =$  coeficiente de permeabilidade  $\cong 1,36 \times 10^{-6}$  cm/s.

### 3.1.1.3 - Sangradouro

O terreno apresenta topografia plana e suave, com declividade em direção ao talvegue do rio, formado por solo sedimentar recente. Este é caracterizado por areia siltosa fina e média, de colorações variando entre amarelo, cinza e marrom, com

espessuras variando entre 4,40m e 6,00m. Os valores de SPT encontrados nas sondagens estavam em torno de 2 a 19 golpes em média.

Abaixo da camada de areia, encontra-se camada de argila silto-arenosa com pedregulhos, rija, com coloração variando entre vermelho e amarelo, variegada. Esta camada foi observada até 24,32m, profundidade esta atingida na SP-02.

A sondagem mista mais próxima da região do sangradouro é a SM-15, que, a partir de 19,00m, detectou arenito muito macio, branco esverdeado, com recuperações em torno de 10% e 40%.

O nível d'água não foi detectado na região. Também não foram executados ensaios para determinação da permeabilidade "in situ".

### **3.1.2 - Rebaixamento do Lençol Freático**

As escavações para a fundação nas ombreiras da Barragem Trairi estão acima do nível do lençol freático, conforme indicação das sondagens realizadas na campanha de investigação geotécnica.

Já as escavações no vale do boqueirão da barragem interceptarão o lençol freático para atingir a cota do fundo da vala. Na estaca 29 foi realizada a sondagem SM-11, a qual indicou o nível d'água a uma profundidade de 4,45m. Nesta mesma estaca, a linha de assentamento do cut-off será na profundidade 8,00m, no topo rochoso. Na estaca 34+10,00, o nível do lençol freático encontra-se a uma profundidade de 3,40m, segundo dados da sondagem SM-12, enquanto o cut-off estará assente na profundidade de 6,50m, no topo rochoso. Na estaca 38+10,00, segundo a sondagem SM-13, o nível d'água está na profundidade de 2,70m e a base do cut-off estará assente na profundidade de 6,00m. Assim sendo, observa-se que a execução das escavações obrigatórias da barragem no trecho da calha do rio haverá a necessidade de rebaixar o lençol freático de altura média de 3,00m.

### **3.1.3 - Geometria da Trincheira de Fundação**

A trincheira de fundação, o cut-off, deverá seguir em linhas gerais as seguintes recomendações:

- 1) O cut-off será escavado alinhado com o bordo de jusante do coroamento, para montante;
- 2) Nas zonas das ombreiras o cut-off possui uma profundidade máxima de 1,00m abaixo do terreno natural, após a execução da escavação obrigatória para remoção de matéria orgânica;

- 3) Na zona do vale do boqueirão, o cut-off tem sua profundidade variável, indo de 1,00m a 7,00m. Os taludes iniciais até 4,00m de altura serão 1,0(V):1,0(H) e a partir desta profundidade será criada uma berma de 2,00m de largura e o talude de continuação de escavação será suavizado para 1,0(V):1,5(H) até o fundo da vala;
- 4) A largura do Cut-off será de 6,00m, quando a sua profundidade for inferior ou igual a 4,00m. Quando a profundidade do Cut-off for superior a 4,00m, a largura do Cut-off será de 8,0m.

No perfil longitudinal da Barragem Trairi é mostrado a linha que limita a profundidade da trincheira de escavação, ou seja, a linha de fundação do Cut-off.

Nas seções transversais da Barragem Trairi é representado a geometria da trincheira de fundação.

#### 3.1.4 - Cortina de Injeção

A cortina de injeção tem finalidade de reduzir a permeabilidade dos maciços rochosos fraturados da fundação a níveis compatíveis com a permeabilidade do maciço terroso. Nos estudos de investigação geotécnica foram realizados ensaios de perda d'água tipo LUGEON.

Na Barragem Trairi será adotado o critério de injeção de calda de cimento quando as perdas específicas máximas forem superior a 0,1 l/min x m x kgf/cm<sup>2</sup>.

A cortina terá fisicamente uma única linha, a qual será locada em planta, no eixo da trincheira de fundação entre as estacas 13 e 56, numa extensão de 860m na zona do vale do boqueirão.

A cortina será formada de furos denominados de exploratórios, primários, secundários e terciários e terá a seguinte constituição:

- 1) Inicialmente serão executados os furos exploratórios, espaçados de 48,0m em 48,0m, com 12,0m de comprimento no maciço rochoso. Os furos exploratórios serão executados com sonda rotativa com diâmetro  $\phi$ NX (75,3mm) e em cada furo serão executados ensaios de perda d' água em segmentos de 3,0m.
- 2) Em seguida serão executados os furos primários, espaçados de 12,0m em 12,0m, com 12,0m de comprimento no maciço rochoso, defasados de 6,0m dos furos exploratórios. Os furos primários serão executados com equipamento roto-percursor (rock-drill) de diâmetro de 3" (76,2mm). Em cada furo primário que apresentar um consumo superior de 20kg/m de cimento, serão executados dois furos secundários, espaçados entre si de 12,0m, defasados 6,0m do furo primário e com 12,0m de comprimento dentro do maciço rochoso.

3) Para cada furo secundário que apresentar consumo de cimento igual ou superior a 20kg/m serão executados dois furos terciários em cada lado do furo secundário. Os furos terciários serão espaçados entre si de 6,0m, defasado em 3,0m dos furos secundários, com comprimento de 12,0m dentro do maciço rochoso.

### 3.1.5 - Local de Bota-Fora

No lado de montante do eixo da Barragem Trairi, ao longo da calha do rio, abaixo da cota 17,00m está destinada ao depósito de material de bota-fora, proveniente das escavações obrigatórias para a execução da obra.

### 3.1.6 - Maciço da Barragem

A barragem foi concebida como sendo um maciço homogêneo a ser construída com material proveniente da jazida J-01 e das escavações do sangradouro, chama-se a atenção para o fato de que o local do sangradouro está dentro da área da jazida J-01. A barragem ficará com coroamento na cota 34,00m, com altura máxima de 19,00m na estaca 39.

A crista da barragem terá 6,0m de largura com caimento de 2% para montante. A camada final com 0,20m de espessura será executada com cascalho argiloso. Nos limites dos bordos serão colocados meios-fios com abertura para montante.

O talude de montante terá inclinação de 1,0(V):2,5(H) em toda a sua extensão. O talude de montante será protegido da ação da energia da onda do reservatório com a construção de um *riprap*. O *riprap* será formado por uma camada de 0,70m de espessura de blocos de rocha sã assentes sobre uma camada de transição com 0,20m de espessura, formada por produto de britagem.

O talude de jusante terá inclinação de 1,0(V):2,0(H) em toda a sua extensão. Na cota 26,00m será colocada uma berma de 2,0m de largura. A proteção do talude será feita com uma camada de 0,30m de espessura de material britado.

Para a drenagem interna do maciço da Barragem Trairi, está prevista a construção de um filtro vertical e um tapete drenante. O filtro vertical terá 1,0m de espessura e será executado com areia grossa proveniente do areal A-01. O filtro ficará com topo na cota 31,90m, coincidindo com a cota da cheia decamilenar. O tapete horizontal consiste em um colchão de areia grossa proveniente do areal A-01, com espessura de 1,00m.

Entre as estacas 21 a 43 será executado um dreno de pé no talude de jusante consistindo num enrocamento de pedra com seção trapezoidal com crista na cota 21,00m e largura da crista de 2,0m, em toda a sua extensão, com talude de 1,0 (V): 1,5 (H). Entre as interfaces da base do terreno natural e enrocamento e maciço

da barragem serão colocadas camadas de transição com 0,60m de espessura, sendo 0,30m de areia grossa e 0,30m de Brita "A".

Entre as estacas 7 a 20 e entre as estacas 44-58 será executado um dreno de pé no talude de jusante, consistindo em um enrocamento de pedra com seção trapezoidal, com altura fixa de 2,0 m, contados a partir do terreno de escavação e largura de crista de 3,30 m, em toda a sua extensão. O enrocamento terá talude de 1,0 (V) : 2,0 (H). Entre a interface do encontro do paramento de jusante da barragem com o enrocamento, será colocada uma camada de transição, constituída por Brita "A", com 1,0 m de altura, contados a partir do terreno de escavação, com largura de crista de 1,0 m e com talude de 1,0 (V) : 1,5 (H).

### 3.1.7 - Sangradouro

O sangradouro da Barragem Trairi foi projetado com base nas informações dos estudos hidrológicos e, principalmente, nas condições geotécnicas do subsolo do local do sangradouro.

Os estudos geotécnicos localizados na área do sangradouro mostram que o topo rochoso está abaixo da cota 14,00m, ou seja, vinte metros abaixo do terreno natural.

Baseados nas características geotécnicas imaginou-se um sangradouro que pudesse conviver com essa realidade do subsolo e fosse capaz de receber as águas na cota 32,00m e restituir ao rio na cota 16,00m, sem ocasionar danos. Desta forma, concebeu-se um canal sangradouro composto de um canal de aproximação escavado na cota 28,50m, com largura de 90,00, até atingir um muro em perfil Creager. A montante do perfil Creager, numa distância de 20,0m, o canal de aproximação é revestido por uma laje de concreto, confinada por muros laterais. O perfil Creager está com a ogiva na cota 30,50m, composto de um muro de concreto ciclópico, assente na cota 26,50m, com largura de 80,00m. Na saída do Creager, o sangradouro passa para um canal rápido, com inclinação de 1,0 (H) : 5,0(V), de concreto armado, com muro de concreto nas laterais. O canal rápido entra na cota 15,50m em uma bacia de dissipação, com 20,00m de comprimento. A saída da bacia de dissipação fica na cota 17,00m. Nos primeiros 50,00m, o canal é trapezoidal revestido com uma camada de enrocamento, até atingir a cota 16,00m. A partir deste ponto, o canal de saída é sem revestimento, com largura de 90,00m, sem declividade.

#### 3.1.7.1 - Canal do Sangradouro

O eixo longitudinal do canal sangradouro está localizado perpendicularmente ao eixo topográfico do sangradouro na estaca 2. O eixo longitudinal projetado possui uma extensão de 546,607, estando estaqueado de 20 em 20m. As estacas estão nomeadas em quilômetros. A estaca 0+000 está localizada na coordenada UTM

461.714,401 E e 9.628.002,710 N e a estaca 0+546,607 está localizada na coordenada UTM 462.017,601 E e 9.628.434,929 N. O eixo longitudinal do canal sangradouro cruza a estaca 2 do eixo topográfico do sangradouro na estaca 0+161,433.

O canal do sangradouro será escavado em solo, na cota 28,50m, com largura de base de 90,00m, com talude de 1,0 (V) : 2,0 (H).

### 3.1.8 - Tomada D'água

A tomada d'água será implantada na estaca 13 do eixo barrável, cujo terreno natural está na cota 25,86m. A tomada d'água terá extensão de 90,0m. A tomada d'água consistirá de uma galeria tubular de diâmetro  $\phi = 700\text{mm}$  de aço ASTM A-36. O eixo da galeria ficará na cota 18,00m. O corpo da galeria será envolto em concreto estrutural. A tomada d'água foi projetada para regularizar uma vazão de 0,638 m<sup>3</sup>/s.

O volume morto da Barragem Trairi será na cota 21,00m, com um armazenamento de 5,67hm<sup>3</sup>, correspondente a aproximadamente 10,7% da capacidade do reservatório.

No lado de montante, o extremo da tubulação será protegido por uma caixa de concreto, com grade de barra de ferro chato de malha 100mm x 100mm.

No lado de jusante serão instalados os equipamentos hidromecânicos de controle de vazão, composto por um registro de gaveta e uma válvula borboleta. Será também prevista uma caixa de jusante em concreto armado, com a finalidade de dissipar a energia e medir a vazão das águas de descarga da tomada d'água. A medição de vazão será feita através de um Sangradouro triangular isósceles.

#### 3.1.8.1 - Canal da Tomada D'Água

Para a implantação da tomada d'água, foi projetados um canal escavado em solo, com base assente em rocha. O canal projetado terá uma extensão de 638,079m, com largura de base de 3,0m, com talude de 1,0 (V) : 2,0 (H) e escavado até a cota 17,25m.

O eixo longitudinal do canal da tomada d'água está localizado perpendicularmente ao eixo barrável na estaca 13. Quando projetado, o eixo longitudinal do canal foi estaqueado de 20 em 20 metros, nomeados em quilômetros. A estaca 0+000 do eixo do canal está localizado na coordenada UTM 462.158,087 E e 9.627.792,899 N e a estaca 0+638,079 está localizado na coordenada UTM 462.275,927 E e 9.628.106,126 N. O eixo longitudinal do canal da tomada d'água cruza a estaca 13 do eixo barrável na estaca 0+320,309.

### 3.1.9 - Apresentação do Projeto

No Tomo 6 são apresentados os desenhos do projeto da Barragem Trairi, como discriminado a seguir.

Relação dos Desenhos	
DESENHO Nº	DESCRIÇÃO
III – 6 – 01 / 37 – 010	Bacia Hidráulica
III – 6 – 02 / 37 – 010	Boqueirão e Sangradouro – Levantamento Topográfico
III – 6 – 03 / 37 – 010	Perfil Longitudinal pelo Eixo da Barragem
III – 6 – 04 / 37 – 010	Boqueirão e Sangradouro – Planta e Locação das Sondagens
III – 6 – 05 / 37 – 010	Boqueirão e Sangradouro – Perfil Longitudinal do Subsolo
III – 6 – 06 / 37 – 010	Planta Geral da Locação das Ocorrências
III – 6 – 07 / 37 – 010	Locação das Ocorrências
III – 6 – 08 / 37 – 010	Arranjo Geral da Barragem, Sangradouro e Tomada D'Água
III – 6 – 09 / 37 – 010	Perfil Longitudinal pelo Eixo da Barragem e Sangradouro
III – 6 – 10 / 37 – 010	Seção Máxima e Detalhes
III – 6 – 11 / 37 – 010	Seção Tipo e Detalhes
III – 6 – 12 / 37 – 010	Seções Transversais (01/04)
III – 6 – 13 / 37 – 010	Seções Transversais (02/04)
III – 6 – 14 / 37 – 010	Seções Transversais (03/04)
III – 6 – 15 / 37 – 010	Seções Transversais do Eixo Barrável (04/04)
III – 6 – 16 / 37 – 010	Seção da Tomada D'água e Detalhes
III – 6 – 17 / 37 – 010	Caixa de Montante e Caixa de Dissipação – Fôrma
III – 6 – 18 / 37 – 010	Armadura da Caixa de Dissipação da Tomada D'Água
III – 6 – 19 / 37 – 010	Armadura da Caixa de Montante da Tomada D'Água
III – 6 – 20 / 37 – 010	Escavação da Tomada D'água – Planta, Perfil e Seção Tipo
III – 6 – 21 / 37 – 010	Escavação do Sangradouro – Planta, Perfil e Seção Tipo

<b>Relação dos Desenhos</b>	
<b>DESENHO Nº</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
III – 6 – 22 / 37 – 010	Seções Transversais de Escavação do Sangradouro (01/02)
III – 6 – 23 / 37 – 010	Seções Transversais de Escavação do Sangradouro (02/02)
III – 6 – 24 / 37 – 010	Arranjo Geral do Sangradouro
III – 6 – 25 / 37 – 010	Planta de Locação das Sondagens – Perfil Geotécnico do Sangradouro
III – 6 – 26 / 37 – 010	Projeto do Sangradouro com Sistema de Drenagem (01/03)
III – 6 – 27 / 37 – 010	Projeto do Sangradouro – Cortes e Detalhes (02/03)
III – 6 – 28 / 37 – 010	Projeto do Sangradouro – Cortes e Detalhes (03/03)
III – 6 – 29 / 37 – 010	Fôrma e Armadura do Sangradouro (01/06)
III – 6 – 30 / 37 – 010	Fôrma e Armadura do Sangradouro (02/06)
III – 6 – 31 / 37 – 010	Fôrma e Armadura do Sangradouro (03/06)
III – 6 – 32 / 37 – 010	Fôrma e Armadura do Sangradouro (04/06)
III – 6 – 33 / 37 – 010	Fôrma e Armadura do Sangradouro (05/06)
III – 6 – 34 / 37 – 010	Fôrma e Armadura – Bacia de Dissipação (06/06)
III – 6 – 35 / 37 – 010	Drenagem Superficial - Planta (01/02)
III – 6 – 36 / 37 – 010	Drenagem Superficial – Detalhes (02/02)
III – 6 – 37 / 37 – 010	Cortina de Injeção de Cimento

## 4 - RESUMO DOS INVESTIMENTOS

#### 4. RESUMO DOS INVESTIMENTOS

A Barragem Trairi envolverá a aplicação de R\$ 14.600.026,10 (quatorze milhões e seiscentos mil e vinte e seis reais e dez centavos), conforme mostram os custos a seguir:

ITEM	DISCRIMINAÇÃO	TOTAIS R\$
1	ADMINISTRAÇÃO E FISCALIZAÇÃO	42.643,84
2	SERVIÇOS PRELIMINARES	2.676.800,68
3	BARRAGEM	5.203.169,00
4	TRATAMENTO E INJEÇÃO DA ROCHA DE FUNDAÇÃO	429.760,00
5	SANGRADOURO	5.702.145,50
6	DRENAGEM PROFUNDA	79.167,78
7	TOMADA D'ÁGUA	341.542,30
8	AÇUDE ÁGUA BOA	124.797,00
<b>TOTAL GERAL</b>		<b>14.600.026,10</b>