

GOVERNO DO ESTADO



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH
COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS COGERH
PROJETO DE DESENVOLVIMENTO URBANO E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS
PROURB CE

PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM ITAÚNA

Volume V Síntese

GHG

FORTALEZA
Setembro 1997

GOVERNO DO ESTADO



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS
COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS - COGERH
PROJETO DE DESENVOLVIMENTO URBANO E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS
PROURB/CE

PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM ITAÚNA

VOLUME V - RELATÓRIO SÍNTESE



Campanha 1º ano Projeto
Lote: 01585 - Prep () Scan (X) Index ()
Projeto Nº *167* - *510*
Volume _____
Qtd. A4 *35* Qtd. A3 *1*
Qtd. A2 _____ Qtd. A1 _____
Qtd. A0 _____ Outros *A4* *10/10/10*

FORTALEZA
APR 1998

GOVERNO DO ESTADO



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ

SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS

COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS - COGERH

**PROJETO DE DESENVOLVIMENTO URBANO E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS
PROURB/CE**

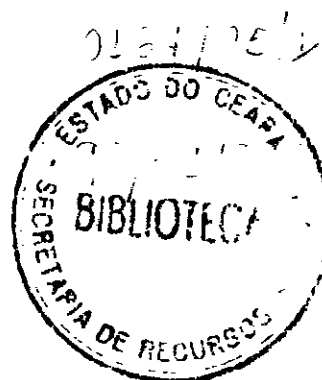
PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM ITAÚNA

VOLUME V - RELATÓRIO SÍNTESE



FORTALEZA
ABRIL/98

000003



ÍNDICE



ÍNDICE

APRESENTAÇÃO	4
1. INTRODUÇÃO E CONCEPÇÃO DO PROJETO	6
2. DESCRIÇÃO DAS OBRAS	10
2 2 LAY-OUT GERAL	13
2 3 PRINCIPAIS PARÂMETROS FÍSICOS	15
3. DESCRIÇÃO GERAL DA BARRAGEM	16
3 1 GEOMETRIA DA BARRAGEM	18
3 1 1 Barragem Principal	18
3 1 2 Geometria da Seção	18
3 1 3 Análise de Estabilidade e Definição dos Taludes	20
3 1 4 Sistema de Drenagem Interna	25
3 1 5 Proteção dos Taludes	26
3 2 VERTEDOURO	26
3 3 TOMADA D'ÁGUA	28
3 3 1 Dimensionamento Hidráulico	28
3 4 OBRAS COMPLEMENTARES	30
4. RELAÇÃO DO EQUIPAMENTO MÍNIMO	31
5. ORÇAMENTO	33



APRESENTAÇÃO



APRESENTAÇÃO

A **GHG** - Geologia de Engenharia Ltda apresenta, a seguir, o **Projeto Executivo da Barragem ITAÚNA**, no município de **Chaval**, no estado do Ceará, objeto do Contrato nº 24/96 - PROURB-CE/COGERH/96, firmado com a COGERH - Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos

O referido projeto está apresentado nos seguintes documentos

VOLUME I - Relatório dos Estudos Preliminares

VOLUME II - Relatório dos Estudos Básicos

TOMO I Estudos Topográficos

TOMO II Estudos Geológicos e Geotécnico

TOMO III Estudos Hidrológicos

VOLUME III - Relatório de Concepção Geral do Projeto

VOLUME IV - Relatório Geral

TOMO I Descrição Geral do Projeto

TOMO II Memorial de Cálculo

TOMO III Especificações Técnicas e Orçamento

TOMO IV Desenhos

VOLUME V - Relatório Síntese

O presente relatório refere-se ao **VOLUME V - Relatório Síntese**



1. INTRODUÇÃO E CONCEPÇÃO DO PROJETO



1. INTRODUÇÃO E CONCEPÇÃO DO PROJETO

O presente relatório tem o objetivo de apresentar o Projeto Executivo da Barragem Itaúna, que barra o rio Timonha, do sistema do rio Coreaú, no município de Chaval, no estado do Ceará

O empreendimento tem como finalidade a regularização do rio Timonha para fins de abastecimento de municípios vizinhos, a exploração de terras irrigáveis a jusante do barramento e das terras que circundarão o futuro lago, além de possibilitar o desenvolvimento da pesca

Para a definição dos parâmetros de projeto, tomou-se por base o Projeto Básico já desenvolvido, bem como a complementação dos estudos de campo que constaram da ampliação da faixa do levantamento planialtimétrico no local da obra, execução de novas sondagens ao longo do eixo barrável, e ainda um detalhamento mais preciso da jazida terrosa e areal, com a coleta de novas amostras para ensaios em laboratório

O resultado deste trabalho é apresentado nos respectivos volumes de topografia e estudos geológicos e geotécnicos. Os estudos hidrológicos foram revisados e adotada metodologia compatível com o nível de estudos desenvolvidos nesta fase

Uma avaliação das características físicas do local do empreendimento, com base nos dados acima, conduziu à escolha do tipo de barragem mais econômico, considerando-se os aspectos técnicos e econômicos da obra, avaliados em três alternativas desenvolvidas, apresentadas no Volume III - Relatório de Concepção Geral do Projeto, para que se elegeesse a mais atraente

A alternativa escolhida foi uma barragem de terra homogênea com vertedouro com soleira delgada, próximo à ombreira esquerda, entre as estacas 38'+17.00 m e 42'+5.00 m, dois diques auxiliares, sendo o primeiro entre as estacas



32+16,00 m e 38'+17,00 m e o segundo entre as estacas 1+5,00 m (16,00 m Jusante) 3+11,00 m

As condições de fundação descartam uma opção em barragem de concreto (quartzito alterado encoberto por uma camada de aluvião com espessura média de 2,0 m), e a grande disponibilidade e qualidade de materiais de construção, CL/SC, a uma distância média de 1,1 Km, conduzem a uma melhor solução em barragem de terra

Apresenta-se a seguir as características principais da barragem

Nome Itaúna

Rio barrado **Timonha**

Área da bacia hidrográfica **771,30 Km²**

Área da bacia hidráulica **1.800,00 ha**

Barragem e diques Terra homogênea

Volume total da barragem e diques auxiliares **171.264,00 m³**

Acumulação do reservatório (cota 32,50) **77.500.000,00 m³**

Cota do coroamento da barragem **36,60 m**

Altura máxima da barragem principal **17,95 m**

Altura máxima do dique nº 1 **3,10 m**

Altura máxima do dique nº 2 **4,10 m**

Extensão pelo coroamento

barragem principal **436,00 m**

dique nº 1 **46,00 m**

dique nº 2 **117,00 m**

Sangradouro Tipo muro com soleira delgada assente em canal natural escavado

Largura **60,00 m**

Cota da soleira **32,50 m**

000010



Descarga de projeto **438,88 m³/s**

Lâmina máxima **2,24 m (Tr = 1.000 anos)**

Descarga de Projeto **560,00 m³/s**

Lâmina Máxima **2,64 m (Tr = 10.000 anos)**

Tomada d'água **Tipo galeria**

Diâmetro **1.000,00 mm**

Comprimento total **42,50 m**

Descarga Regularizada **1,134 m³/s**



2. DESCRIÇÃO DAS OBRAS

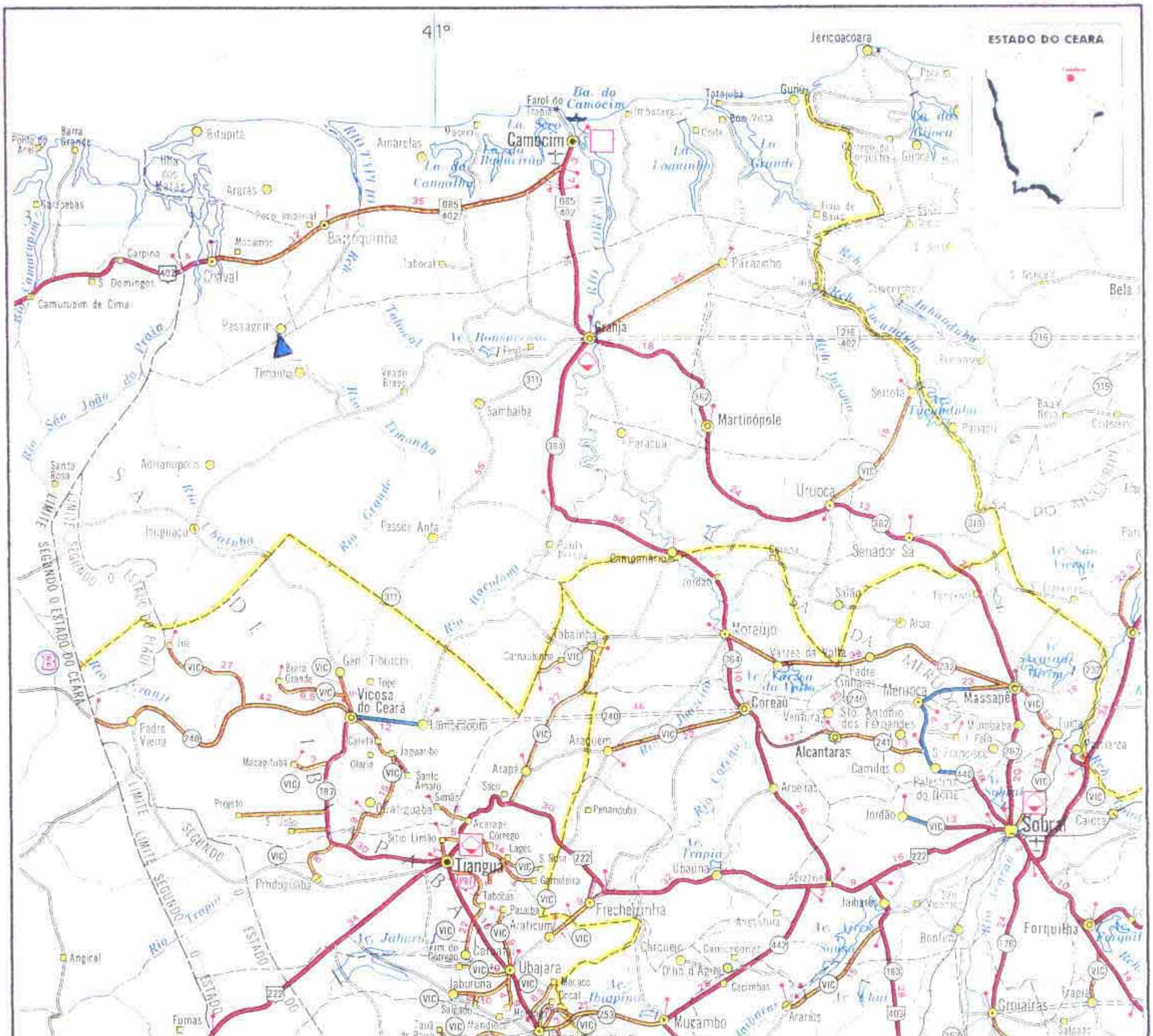
2. DESCRIÇÃO DAS OBRAS

2.1 LOCALIZAÇÃO E ACESSOS

O boqueirão da Barragem está localizado a 17 Km da cidade de Chaval, no noroeste do estado do Ceará, que tem como referência de ligação à Fortaleza a BR-222. A partir desta rodovia, na localidade de Aprazível, toma-se à direita a CE-71 até a cidade de Granja, percorrendo cerca de 56 Km, passando por Coreaú e Moraújo. De Granja até Chaval, limite noroeste do Ceará, são mais 35 Km por uma rodovia secundária que liga a CE-71 à PI-210.

O acesso ao local do barramento se faz a partir de uma estrada carroçável que segue paralela ao rio Timonha, a partir de Chaval, no sentido noroeste-sudeste, distando cerca de 17 Km, até o local do boqueirão.

O mapa de localização e acessos é mostrado na FIGURA 2.1



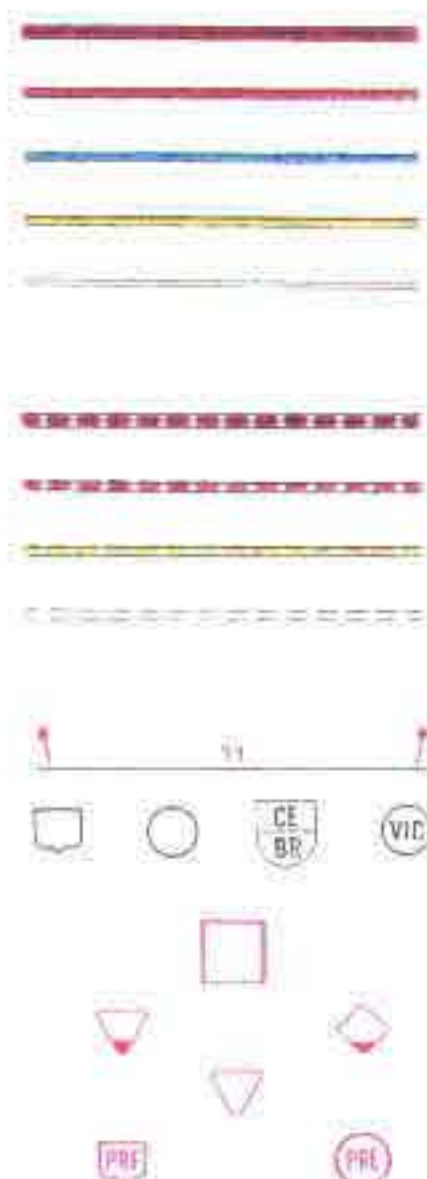
CONVENÇÕES

CONSTRUIDAS

- Revestimento asfáltico (duplicado)
- Revestimento asfáltico
- Revestimento de pedra implantada
- Leito natural
- EM CONSTRUÇÃO**
- Em obra de duplicação
- Em pavimentação
- Em implantação
- Planejada

SÍMBOLOS

- Distância parcial em km
- Federal, Estadual, Transição e Vicinal
- Obs: As rodovias municipais não possuem simbologia
- Sede de região administrativa
- Residências do DRF - DERT-CE
- Escritório de fiscalização do DRF
- Posto de polícia rodoviária: Federal, Estadual



HIERARQUIZAÇÃO DAS CIDADES

- CAPITA:** [Symbol]
- CIDADES:**
 - (de 60.001 a 100.000 hab.)
 - (de 20.001 a 60.000 hab.)
 - (de 5.001 a 20.000 hab.)
- (Menos de 5.000 hab.)
- Vila
- Outras localidades

LIMITE

- Interestadual
- Intermunicipal
- Região administrativa
- Obs: Coincidente com as áreas de atuação das residências do DERT-CE

OUTROS

- Aeroporto
- Campo de pouso
- Porto
- Faro

HIDROGRAFIA

- Curso d'água permanente
- Curso d'água intermitente
- Lago, lagoa
- Acúde, barragem
- Barragem Itaipu



FIGURA 2.1 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO E ACESSOS

2.2 LAY-OUT GERAL

Os estudos geológicos superficiais previam uma situação simples para a concepção geral das obras nesse projeto, principalmente, pela alternativa de colocar o sangradouro no local mais conveniente, de acordo com as condições de fundação. Consiste num sangradouro na ombreira esquerda da barragem principal e, limitado a esquerda por um dique auxiliar (dique nº 1) e, além deste, para cerca de 400 m da ombreira esquerda, uma segunda barragem auxiliar (dique nº 2)

Quanto à barragem em si, não houve maiores complexidades, pois o excelente solo típico CL/SC, abundante nas proximidades da obra, permite, como melhor solução, a construção de uma barragem de terra de seção homogênea

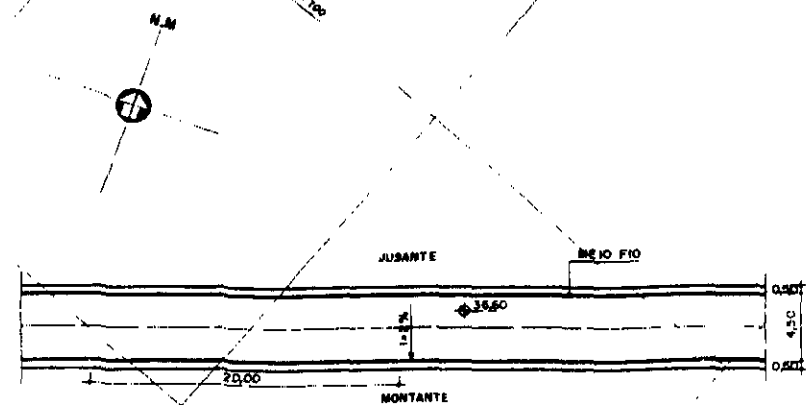
Entretanto, se faz necessário o tratamento das suas fundações, pois o estado de alteração do quartzito que as constitui confere-lhe uma situação vulnerável, com relação à estanqueidade, caracterizando-se um material semi-permeável, porém, sem prováveis problemas de absorção da calda, o que não deverá exigir um maior adensamento dos furos, além de ensaios "in situ", para avaliar o mais eficiente tipo de calda a empregar

O sangradouro teve sua localização definida em função das características da fundação e da melhor posição topográfica para o retorno das águas de sangria para o leito do rio Timonha sem a necessidade de canais de descarga

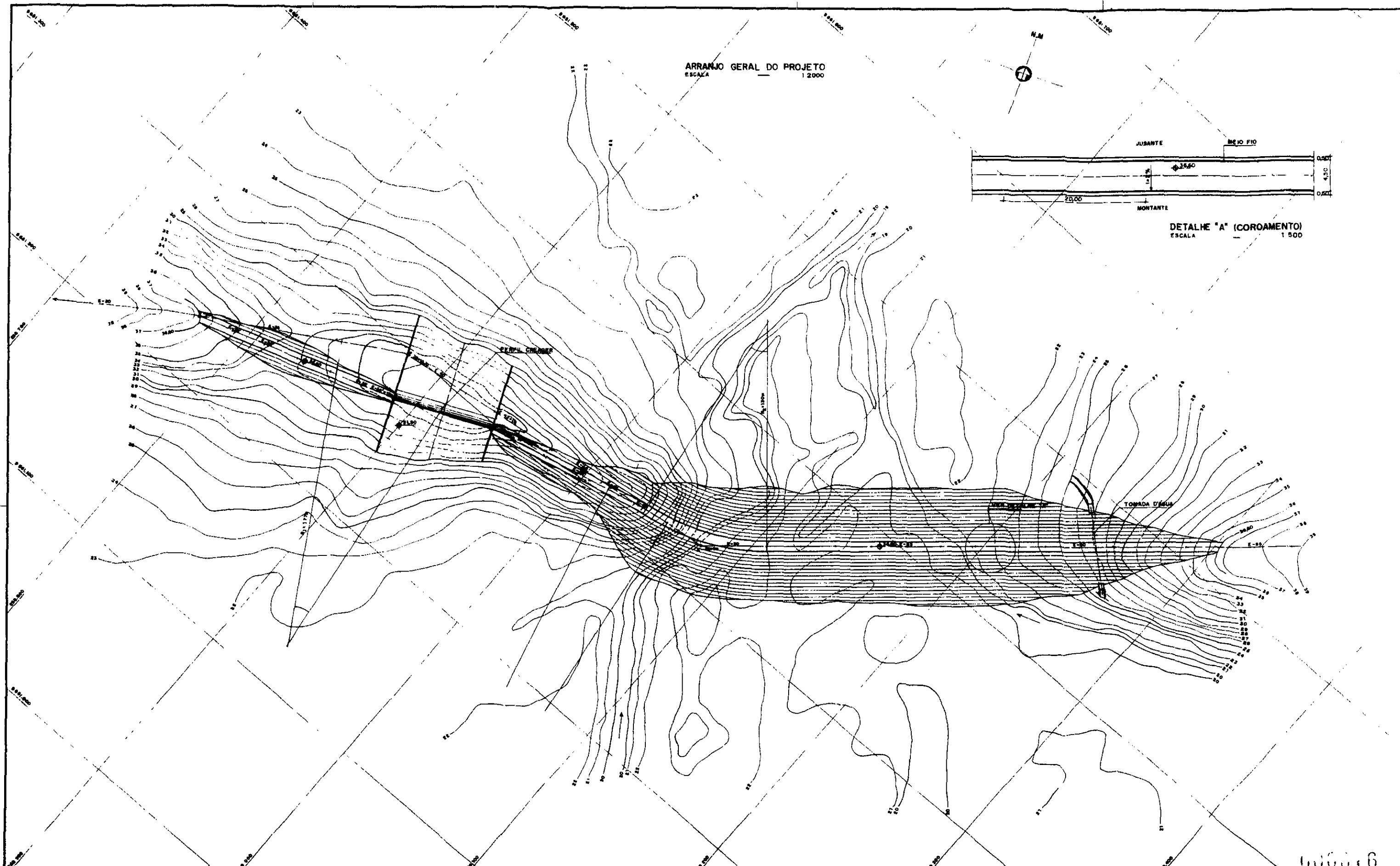
A tomada d'água com um diâmetro de 1 000 mm resultou de uma comparação de custos com a distribuição da descarga regularizada em duas tubulações que implicaria, no outro caso, num investimento maior

O arranjo geral das obras está detalhado no Desenho nº 10/31 do Volume IV - Tomo IV - Desenhos, enquanto que os dados para a locação das obras encontra-se no Desenho nº 09/31 Volume IV - Tomo IV - Desenhos. A FIGURA 2.2 mostra o desenho esquemático do arranjo geral das obras

ARRANJO GERAL DO PROJETO
ESCALA 1:2000



DETALHE "A" (COROAMENTO)
ESCALA 1:500



100016

LEGENDA	NOTAS	DESENHOS DE REFERÊNCIA	REVISÕES				GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS - COGERH PROJETO DE DESENVOLVIMENTO URBANO E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO CEARÁ - PROURB/CE PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM ITAONA PLANTAS GERAIS ARRANJO GERAL DAS OBRAS GHG geólogo de engenharia Itá	FIGURA 2.2
			Nº	NATUREZA DA REVISÃO	DATA	APROVO		

2.3 PRINCIPAIS PARÂMETROS FÍSICOS

O projeto da Barragem Itaúna, no rio Timonha, a ser implantado pela Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará - SRH, visa a construção de um reservatório que possa atender as necessidades da região beneficiada, no que se refere a irrigação e abastecimento humano, além de outros benefícios indiretos

As principais características hidroclimatológicas do barramento são

- Bacia de drenagem **771,30 Km²**
- Precipitação média anual da Bacia **1.179,05 mm**
- Vazão média do período **81,80 m³/s**
- Vazão mínima média mensal **0,00 m³/s**
- Vazão máxima média mensal **30,34 m³/s**
- Volume do reservatório (à cota 32,50 m) **77,50 Hm³**
- Volume útil do reservatório **68,94 Hm³**
- Cota do coroamento da barragem **36,60 m**
- Vazão regularizada (garantia de 90%) **1.134 m³/s**
- Volume anual regularizado (garantia de 90%) **68,94 Hm³**
- Vazão de cheia afluyente com período de retorno (TR = 10 000 anos) **950,00 m³/s**
- Vazão afluyente máxima de projeto (TR = 1000 anos) **777,47 m³/s**
- Vazão máxima de cheia amortecida (TR=10000 anos) **560,00 m³/s**
- Vazão máxima de projeto amortecida (TR=1000 anos) **438,88 m³/s**
- Nível d'água máximo (maximo maximorum) (TR=1000 anos) **34,74 m**
- Nível d'água máximo normal **32,50 m**



3. DESCRIÇÃO GERAL DA BARRAGEM

3. DESCRIÇÃO GERAL DA BARRAGEM

As obras do Açude Itaúna se constituem de uma **barragem principal**, que tem uma curvatura em sua ombreira esquerda, um **vertedouro** de soleira delgada, e **dois diques auxiliares**, que garantem a continuidade da cota de coroamento, uma tomada d'água do tipo galeria, localizada na ombreira direita

As principais obras projetadas são as seguintes

Barragem principal, de terra compactada, homogênea, com altura máxima de 17,95 m acima das fundações, com extensão pelo coroamento de 436,00 m, na cota 36,60 m

Dique nº 1, de terra compactada, homogênea, com altura máxima de 3,10 m acima das fundações, com extensão pelo coroamento de 46,00 m

Dique nº 2, de terra compactada, homogênea, com altura máxima de 4,10 m acima das fundações, com extensão pelo coroamento de 117,00 m

Sangradouro confinado à direita pela barragem principal e à esquerda pelo dique nº 1, com soleira delgada e 60,00 m de largura total

Tomada d'água composta de um tubo de 1 000 mm de diâmetro, assente sobre estrutura de concreto estrutural que por sua vez estará assente em uma camada regularizada de concreto ciclópico. A regulação do fluxo será com registros de gaveta e válvula borboleta, podendo futuramente ser substituído por válvulas de operação automática, quando o reservatório for inserido num sistema de interligação de reservatórios

3 1 GEOMETRIA DA BARRAGEM

3 1 1 Barragem Principal

A barragem principal projetada consta de um maciço de terra compactada, homogênea, com seção trapezoidal, a ser constituída com material argiloso, proveniente dos empréstimos localizados nas proximidades do eixo, cuja predominância é de material do tipo CL/SC, da Classificação Unificada de Solos

Do lado de jusante, foi previsto um filtro vertical, formado por areia de granulometria variada, que se liga a um enrocamento de pedras jogadas, de boa qualidade, proveniente do corte do sangradouro ou de pedreira, através de um tapete drenante constituído também de areia com granulometria variada

O maciço ficará assente sobre uma fundação estável, sendo que no leito do rio, onde existe uma camada de aluvião arenosa, o maciço será prolongado até atingir o quartzito

A estanqueidade do quartzito alterado, será obtida com um adequado tratamento da fundação

3 1 2 Geometria da Seção

a) Largura do Coroamento

Pela fórmula de Preece, tem-se

$$b = 1.1 \times (H)^{1/2} + 0,9 = 5,56 \text{ m}$$

Tendo sido adotado o valor de 6,00 m para largura do coroamento da barragem

b) Altura Máxima da Barragem

Pelas condições do relevo topográfico e tendo em vista a necessidade de se obter a máxima vazão regularizada, face ao objetivo principal do barramento, que é servir para irrigação, fixou-se o coroamento na cota 36,60 m

Estando o leito menor do rio, onde cruza o eixo barrável, na cota 18,65 m, a altura máxima da barragem acima do terreno natural no talvegue do rio, é de

$$H = 17,95 \text{ m}$$

c) Folga

A folga foi determinada com base no "fetch" da represa, que é da ordem de 1,13 Km, utilizando-se a expressão de folga mínima

$$F = 0,75 h_o \frac{V^2}{2g}, \text{ onde}$$

F = folga

h_o = altura das ondas

V = velocidades das ondas

g = aceleração da gravidade

Pela fórmula de Stevenson, a altura das ondas no reservatório é dada por

$$h_o = 0,75 + 0,34 (L)^{1/2} - 0,26 (L)^{1/4}, \text{ onde}$$

H_o = altura das ondas

L = Fetch

$$H_o = 0,83 \text{ m}$$

A velocidade das ondas é dada pela fórmula de Gaillard

$$V = 1,5 + 2h_o, \text{ onde}$$

V = velocidade das ondas

H_o = altura das ondas

$$V = 3,16 \text{ m/s}$$

Logo

$$F = 1,13 \text{ m}$$

Este é o valor da folga mínima para a cheia milenar, sem levar em conta o amortecimento do reservatório

A FIGURA 3 1 mostra o desenho da Seção - Tipo da barragem

3 1 3 Análise de Estabilidade e Definição dos Taludes

A escolha dos taludes levou em consideração as características da fundação da barragem, além de outros elementos, como o material argiloso disponível para a construção do maciço (tipo CL/SC da Classificação Unificada de Solos) e a altura da barragem

Montante Talude de 1,7 (H) 1 (V), a partir da cota 36,60 até a cota 30,60

Talude de 2,0 (H) 1 (V), da cota 30,60 até o terreno natural

Jusante: Talude de 1,7 (H) 1 (V), a partir da cota 36,60 até a cota 30,60

Talude de 2,0 (H) 1 (V), da cota 30,60 até o terreno natural

O cálculo da estabilidade da Barragem Itaúna foi executado usando os métodos de Bishop e Fellenius, destacando-se o uso deste segundo por ser mais compatível com o nível dos parâmetros de entrada, que foram obtidos através de ensaios de cisalhamento direto

Para a barragem foram feitas as seguintes verificações

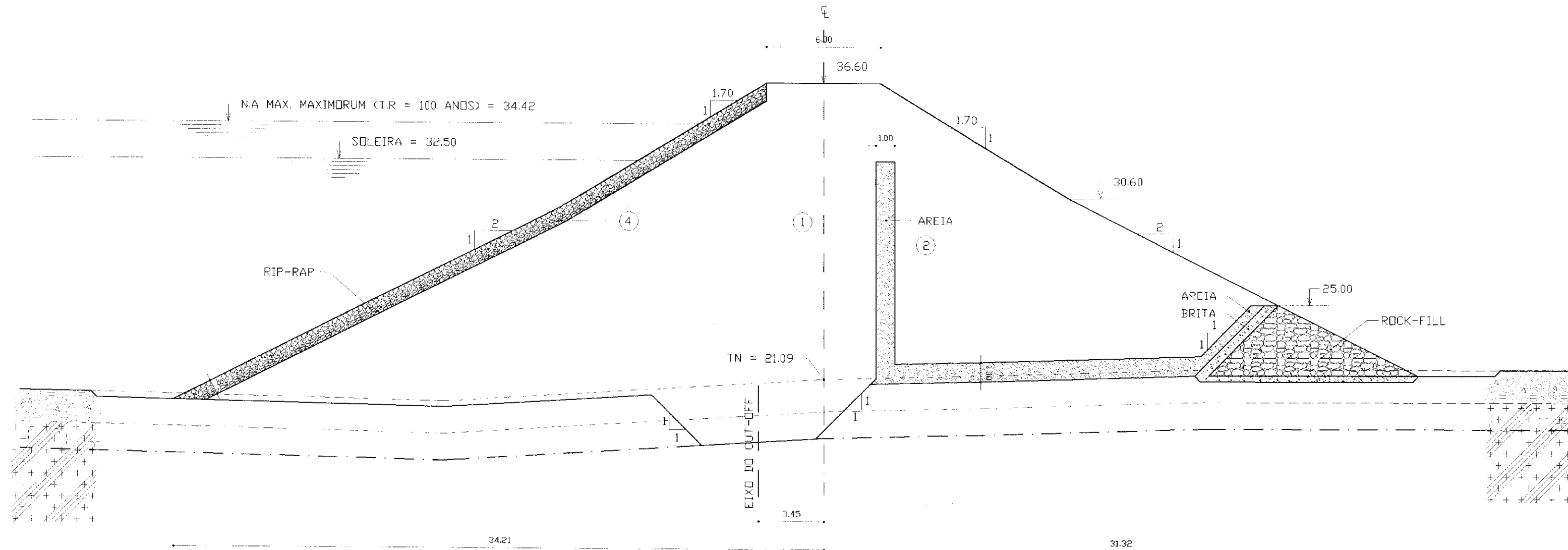


Estabilidade do talude de montante para regime permanente,
Estabilidade do talude de jusante para o final do período construtivo,
Estabilidade do talude de montante para o final do período construtivo,
Estabilidade do talude de jusante para a hipótese de regime permanente,
reservatório no nível máximo normal

000023

SEÇÃO TIPO (TRECHO CENTRAL)

ESCALA - 1:200



000024

LEGENDA :	NOTAS :	DESENHOS DE REFERÊNCIA :	REVISÕES			GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS - COGERH	
			Nº	NATUREZA DA REVISÃO	DATA	APROVO	PROJETO DE DESENVOLVIMENTO URBANO E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO CEARÁ - PROURB/CE
					PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM ITAÚNA		
					Projeto :	SEÇÃO TIPO	
					Meta :	Data de Emissão :	
					Verificado :	Escala :	Rev. :
					Aprova :	1:200	
					GHG-Geologia de Engenharia Ltda.		Nº do Desenho : FIGURA 3.1

A rotina utilizada é basicamente a mesma para todos os casos, variando apenas as hipóteses de pressões nos poros para os casos de final de construção, como também potenciais hidrostáticos retirados das redes de fluxo, traçadas para os casos de reservatório cheio. Para cada caso, também foram modificados os valores dos parâmetros dos solos, adequando-os às situações em análise.

As pressões nos poros para os solos foram estimadas pelo método de Bishop, adotando-se o valor

$$\mu = \bar{B} \sum_{i=1}^n \gamma_i Z_i$$

Para os demais materiais, de natureza permeável, empregados nos espaldares da barragem, adotou-se valor de $B = 0$. Isto traduz o fato de não se esperar para estes materiais, desenvolvimento de pressões nos poros durante a construção.

Na determinação das redes de fluxo, considerou-se os espaldares de enrocamento/transições francamente permeáveis, tendo em vista a sua diferença de permeabilidade em relação ao material do maciço homogêneo. Com relação a este material adotou-se uma hipótese de anisotropia, sendo $K_x = 9K_y$. Isto é usual uma vez que se trata dos métodos convencionais de compactação especificados.

As redes de fluxo bem como os respectivos cálculos de estabilidade são apresentados na memória de cálculos.

Os parâmetros físicos dos materiais, relacionados a seguir, foram adotados baseando-se em dados de projetos similares, na bibliografia pertinente e, nos resultados dos ensaios laboratoriais executados.

A seguir são indicados os valores médios adotados para projeto.

- Material do Maciço - (Classificação Unificada CL/SC)

$$\gamma = 1,820 \text{ t/m}^3$$

$$c = 3 \text{ t/m}^2$$

$$\phi = 28^\circ$$

Os valores de coesão e ângulo de atrito acima representam a média dos valores indicados em referências bibliográficas, uma vez que os resultados dos ensaios de laboratório não são compatíveis com a classificação de acordo com o sistema unificado

- Areia

$$\gamma_{\text{sat}} = 1,85 \text{ t/m}^3$$

$$c = 0 \text{ t/m}^2$$

$$\phi = 30^\circ$$

- Brita para transição

$$\gamma_{\text{sat}} = 1,90 \text{ t/m}^3$$

$$c = 0 \text{ t/m}^2$$

$$\phi = 33^\circ$$

- Enrocamentos

$$\gamma_{\text{sat}} = 2,0 \text{ t/m}^3$$

$$c = 0 \text{ t/m}^2$$

$$\phi = 37^\circ$$

Os parâmetros de resistência ao cisalhamento dos materiais indicados para transições e enrocamento evidentemente pouco influirão no cálculo da estabilidade do maciço, uma vez que os cálculos de ruptura críticos (profundos) passarão pelo maciço e pela fundação

As demais hipóteses assumidas, bem como as características de resistência dos materiais poderão ser confirmados através de ensaios especiais ou medições "in situ" durante a fase de construção, quando, através da coleta de amostras indeformadas do corpo do maciço em construção e outras verificações, se poderá obter parâmetros mais representativos dos solos empregados e, conseqüentemente reavaliar a estabilidade do maciço

3.1.4 Sistema de Drenagem Interna

O sistema de drenagem interna da barragem é constituído por um filtro vertical, tapete drenante e enrocamento de pé

Os cálculos efetuados para pré-dimensionamento desse sistema se encontram na Memória de Cálculos

O filtro vertical tem espessura de 1,00 m, com topo na cota 32,50 m, sendo constituído de areia com granulometria apropriada

Quanto ao material drenante, este deverá ser suficientemente fino para que seja evitado o carreamento de partículas sólidas do maciço através dele e, ter ainda granulometria grossa para que as forças de percolação que se desenvolvem no seu interior sejam pequenas

Deverão ser obedecidos os seguintes critérios na determinação da sua granulometria

- 1) $D_{15}(\text{filtro})/D_{15}(\text{maciço}) > 5 > D_{15}(\text{filtro})/D_{85}(\text{maciço})$
- 2) A curva granulométrica do material do filtro deverá ser aproximadamente paralela a do material do maciço

O tapete drenante tem com 1,00 m de espessura

O enrocamento de pé é constituído por um enrocamento de pedra jogada, com topo na cota 25,00 m

3.1.5 Proteção dos Taludes

Para combater os efeitos erosivos das ondas sobre o talude de montante, foi prevista uma camada de proteção em material pétreo com características suficientes para execução do "rip rap"

No talude de jusante foi projetada uma proteção vegetal feita com a plantação de grama ou outra planta rasteira

Sobre o coroamento foi prevista uma camada de 0,20 m de cascalhinho, com a finalidade de evitar erosões provocadas por águas de chuva, sendo construído meio-fio em toda a extensão do coroamento, tanto no lado de montante, como no lado de jusante, com saídas laterais para o talude de montante

3.2 VERTEDOURO

a) Dimensionamento Hidráulico

Uma soleira vertedoura com 60,00 m de largura e uma carga hidráulica de 2,24 m, permitem uma vazão de

$$Q = 438,88 \text{ m}^3/\text{s}$$

Para um coeficiente de descarga de 2,18 A descarga específica do vertedouro será

$$q = \frac{Q}{L} = 7,30 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$$

Adotando-se uma altura do vertedouro $P = 2,50 \text{ m}$, tem-se

$$H_o + P = 4,42 \text{ m}$$

A velocidade de aproximação será

$$v_a = 1,585 \text{ m/s, então}$$

A carga de velocidade será

$$h_a = 0,1280 \text{ m}$$

b) Determinação do Perfil Hidráulico

O perfil hidráulico do vertedouro foi determinado de acordo com a equação geral dos vertedores em forma de ogiva, dada pela expressão

$$\frac{Y}{H_o} = - K \left(\frac{X}{H_o} \right)^n$$

sendo K e n tabelados em função da relação $\frac{h_a}{H_o}$. No caso, tem-se

$$\frac{h_a}{H_o} = 0,057$$

Pelo gráfico do Design of Small Dams do USBR, obtém-se

$$k = 0,512 \quad \text{e} \quad n = 1,845$$

$$\frac{Y}{H_o} = - K \left(\frac{X}{H_o} \right)^n$$

Resolvendo tem-se a equação do perfil hidráulico

$$Y = - 0,259 x^{1,852}$$

Os valores correspondentes à curvatura para montante também são tabelados em função da relação $\frac{h_a}{H_o}$, obtendo-se

$$\frac{X_c}{H_0} = 0,252, \text{ donde } X_c = 0,565 \text{ m}$$

$$\frac{Y_c}{H_0} = 0,101, \text{ donde } Y_c = 0,226 \text{ m}$$

$$\frac{R_1}{H_0} = 0,498, \text{ donde } R_1 = 1,115 \text{ m}$$

$$\frac{R_2}{H_0} = 0,210, \text{ donde } R_2 = 0,470 \text{ m}$$

As coordenadas do ponto de tangência são obtidas derivando-se a equação do perfil hidráulico e igualando-se a 1,1, tangente do ângulo de inclinação da face de jusante do vertedouro

$$\frac{dY}{dX} = 0,478 x^{0,852}, \text{ donde}$$

$$X = 1,93 \text{ m}$$

Levando este valor na equação da curva, tem-se

$$Y_t = 0,872 \text{ m}$$

3.3 TOMADA D'ÁGUA

Projetada na estaca 61+10 m devido às melhores condições de fundação e de topografia. Na margem esquerda a estrutura ficaria embutida num complexo de blocos soltos de quartizito, o que complicaria a trabalhabilidade na abertura das fundações e a própria condição de execução da estrutura de concreto. Do ponto de vista topográfico a escolha minimiza o volume das escavações.

3.3.1 Dimensionamento Hidráulico

O diâmetro foi calculado pela fórmula

$$\left(\frac{4Q}{\pi} \right)^{1/2}, \text{ onde}$$

000030

$Q = \text{descarga regularizada} = 1,134 \text{ m}^3/\text{s}$

$\pi = 3,1416$

Logo

$D = 0,981 \text{ m}$

Diâmetro adotado 1.000 mm

Velocidade do escoamento

$V = Q/a = 1,44 \text{ m/s}$

O número de Reynolds vem a ser

$Re = (vD)/\nu = 1,80^6$

Pelo diagrama de Moody, o coeficiente de atrito tem o valor $f = 0,0136$, a perda por atrito é calculada pela expressão

$hf = f(Lv^2)/(2gD) = 0,072 \text{ m}$

As perdas acidentais foram calculadas em função dos coeficientes

$K_c = 0,55$ crivo

$K_r = 0,25$ registro

$K_s = 1$ saída da tubulação

a perda total será

$$h_a = (K_c + K_r + K_s) \left(\frac{v^2}{2g} \right) = 0,218 \text{ m}$$

e a perda total será = 0,290 m

Como a cota do eixo da galeria = 26,30 m, então

O nível mínimo operacional será: 26,59 m

3.4 OBRAS COMPLEMENTARES

Para um melhor acesso ao local da obra sugere-se a recuperação das principais estradas da região, pois no período de chuvas muitos trechos tornam-se intransitáveis

Para a circulação na obra durante o período de construção da barragem deverão ser construídos caminhos de serviços que permitam o trânsito dos diferentes materiais e dos diversos maquinários

Nas áreas a serem exploradas como jazidas do futuro barramento deverá existir uma proteção superficial constituída por um revestimento vegetal, a partir da reposição do expurgo retirado na fase inicial

Os solos e as rochas superficiais não necessitam de nenhuma atenção especial, pois o escoamento das águas superficiais se dá naturalmente



4. RELAÇÃO DO EQUIPAMENTO MÍNIMO

4. RELAÇÃO DO EQUIPAMENTO MÍNIMO

ITEM	EQUIPAMENTO	QUANT
01	Trator de esteiras com potência igual ou superior a 270 HP	02
02	Trator de esteiras com potência igual ou superior a 140 HP	02
03	Trator de pneus com potência igual ou superior 100 HP	03
04	Carregadeira frontal com potência igual ou superior a 170 HP	04
05	Motoniveladora com potência igual ou superior a 125 HP	03
06	Caminhão basculante com capacidade igual ou superior a 6 m ³	10
07	Betoneira com capacidade mínima de 320 l	03
08	Caminhão pipa com capacidade igual ou superior a 6 000 l, com irrigadeira	04
09	Rolo compactador autopropelido vibratório pé-de-carneiro de 10 ton ou similar	03
10	Rolo liso autopropelido vibratório de 10 ton ou similar	02
11	Retro-escavadeira com capacidade igual ou superior a 0,6 m ³	02
12	Conjunto de britagem com capacidade igual ou superior a 20 m ³ /h	01
13	Compressor de ar com capacidade igual ou superior a 700pcm (pés cúbicos por minuto)	02
14	Compressor de ar portátil com capacidade superior a 250 pcm	01
15	Carreta de perfuração com capacidade igual ou superior a 500 pcm	02
16	Grade de disco com capacidade de 20 discos de 24"	02
17	Sapo mecânico	02
18	Marteletes de 24 Kg	04



5. ORÇAMENTO

000035



Item	Especificação dos Serviços	Unid.	Quant.	Custo Unit.	Custo Total
1 0	Administração e Fiscalização				
1 1	Instalação e manutenção do canteiro de obras	m²	300,00	250,00	75 000,00
1 2	Placas alusivas a obra	m²	64,00	30 00	1 920,00
	Total do Item 1				76.920,00
2 0	Serviços Preliminares				
2 1	Estradas de acesso com faixa de domínio de 10,0 m, greide colado, pista de rolamento de 6,0 m de largura e 0,15 m de espessura revestida em picarra compactada, com valetas de drenagem, incluindo obras d arte e os aterros a estas associadas	km	17,00	7 783,97	132 327,49
2 2	Camunhos de serviços com faixa de domínio de 6,0 m	km	10,00	1 398,00	13 980,00
2 3	Desmatamento e destocamento da area da barragem, sangradouro e empréstimos	ha	30,00	780,00	23 400,00
2 4	Expurgo nas areas de implantação da barragem e jazida com bota-fora de ate 0,30 Km, medido no corte	m³	27 950,00	0,96	26 832,00
	Desmatamento racional da bacia hidraulica	ha	1 800,00	444,50	800 100,00
	Total do Item 2				996 639,49
3.0	Barragem				
3 1	Escavação, carga, transporte e descarga com bota-fora ate 300 m de material de 1ª categoria da fundação	m³	6 700,00	1,92	12 864,00
3 2	Escavação, carga, transporte e descarga com bota-fora ate 300 m de material de 2ª categoria da fundação	m³	3 350,00	2,34	7 839,00
3 3	Escavação, carga, transporte e descarga com bota-fora ate 300 m de material de 3ª categoria da fundação	m³	3 400,00	12,40	42 160,00
3 4	Escavação, carga, transporte e descarga de material de 1ª categoria da jazida ate 0,30 Km	m³	143 105,00	1,92	274 761,60
3 5	Espalhamento, umedecimento e compactação do material argiloso na barragem e fundação	m³	143 105,00	0,90	128 794,50
3 6	Fornecimento, inclusive, extração, carga, transporte, descarga, espalhamento e adensamento de areia para o filtro horizontal	m³	5 300,00	2,16	11 448,00
3 7	Fornecimento, inclusive, extração, carga, transporte, descarga, espalhamento e adensamento de areia para o filtro vertical	m³	2 852,00	2,16	6 160,32
3 8	Fornecimento, inclusive, extração, carga, transporte, descarga, espalhamento e compactação do enrocamento	m³	17 090,00	4,47	76 392,30
3 9	Fornecimento, inclusive, extração, britagem, carga, transporte, descarga e execução das transições	m³	2 220,00	9,55	21 201,00
3 10	Transporte complementar do material de 1ª categoria	m³xkm	114 484 00	0,74	84 718,16
3 11	Regularização de taludes	m²	21 350 00	1,85	39 497,50
3 12	Fornecimento do revestimento para o coroamento, pedrisco ou cascalho, inclusive extração, carga, transporte, descarga e espalhamento, esp = 0,20 m	m³	697 00	6,35	4 425,95
3 13	Fornecimento e assentamento de meio-lio em concreto simples, com consumo minimo de 300 kg/m³ para o coroamento da barragem	m	1 084 00	11,39	12 346,76
3 14	Proteção do talude de jusante com brita de 3 a 4" com espessura media de 0,30 m	m²	10 736,00	8,30	89 108,80
3 15	Calhas de drenagem maciço / terreno natural	m	190 00	1,35	256,50
	Total do Item 3				799 110,39

PLANILHA DE ORÇAMENTO DA BARRAGEM ITAUNA-CHAVAL-CE

100037



Valores em Real (R\$)

Item	Especificação dos Serviços	Unid.	Quant.	Custo Unit.	Custo Total
4 0	Tratamento e Injeção da Rocha de Fundação				
4 1	Preparo limpeza e tratamento superficial das areas da fundação em rocha	m ²	8 200,00	3,20	26 240,00
4 2	Perfuração para injeção de cimento nas arcas de fundação em rocha, com equipamento rotopercussivo diâmetro de 2 1/2"	m	900,00	55,00	49 500,00
4 3	Fornecimento de cimento e aplicação de injeção para impermeabilização da rocha de fundação	kg	18 000,00	1,75	31 500,00
4 4	Ensaio de perda d'agua	ud	300,00	60,00	18 000,00
4 5	Perfuração com equipamento rotativo diâmetro BX, em quartzito ferrifero	m	900,00	200,00	180 000,00
	Total do Item 4				305 240,00
5 0	Sangradouro				
5 1	Escavação , carga, descarga e transporte ate 0,30 Km de material de 1ª categoria	m ³	3 470,00	1,92	6 662,40
5 2	Escavação , carga, descarga e transporte ate 0,30 Km de material de 2ª categoria	m ³	2 800,00	2,34	6 552,00
5 3	Escavação, carga, descarga e transporte com 400<DMT<600 em material de 3ª categoria	m ³	11 100,00	12,40	137 640,00
5 4	Concreto estrutural com fck =15MPa para muro de contenção, inclusive forma , ferro e escoramento	m ³	82,00	484,30	39 712,60
5 5	Concreto simples com fck= 12MPa com 12% de pedra de mão para muro vertedouro inclusive forma e escoramento	m ³	600,00	132,53	79 518,00
5 6	Fornecimento e assentamento de Junta de Vedação tipo JEENE de 2,5 cm	m	47,50	40,42	1 919,95
	Total do Item 5				272.004,95
6 0	Tomada D'Agua				
6 1	Escavação manual de valas, material de 2ª categoria, 1,50<H<3,00 m	m ³	210,00	2,91	611,10
6 2	Escavação manual de valas, material de 3ª categoria, 1,50<H<3,00 m	m ³	100,00	10,63	1 063,00
6 3	Concreto estrutural com fck = 15MPa para estruturas de montante, galeria, bacia de dissipação, inclusive ferro, forma e escoramento	m ³	185,00	484,30	89 595,50
6 4	Concreto para regularização com consumo de 150 kg de cimento/ m ³	m ³	55,00	151,98	8 358,90
6 5	Reaterro compactado manualmente	m ³	65,00	4,59	298,35
6 6	Fornecimento e assentamento de Junta de vedação tipo JEENE de 2,5 cm	m	16,00	40,42	646,72
6 7	Fornecimento e montagem de Tubulações em aço de ASTM A-36 com diâmetro de 1000 mm para tomada d agua	m	45,00	127,90	5 755,50
6 8	Fornecimento e montagem de Registro de acionamento direto, volante e by-pass com d = 1000 mm	ud	1,00	1 737,23	1 737,23
6 9	Fornecimento e montagem da Valvula borboleta completa, diâmetro de 1000mm, com acionamento manual por volante	ud	1,00	4 500,00	4 500,00
6 10	Fornecimento e montagem de junta de desmontagem, diâmetro de 1000mm	ud	1,00	1 650,00	1 650,00
6 11	Fornecimento e montagem de Grade de aço de 3,20 x 2,40m e dispositivo de calagem, inclusive assessorios	ud	1,00	1 100,00	1 100,00
6 12	Comporta tipo Stop-Log, conforme projeto (fornecimento e montagem)	ud	1,00	6 600,00	6 600,00
6 13	Vertedouro em chapa de aço, conforme projeto (fornecimento e montagem)	ud	1,00	2 946,72	2 946,72
	Total do Item 6				124 863,02
	Total Geral				2 574 777,85