

GOVERNO DO ESTADO



CEARÁ

AVANÇANDO NAS MUDANÇAS

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH

PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM MACACOS

ENGEPROL

FORTALEZA- CE
ABRIL DE 1999

GOVERNO DO ESTADO



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ

SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH

PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM MACACOS

TOMO IV RELATÓRIO GERAL

VOLUME I DESCRIÇÃO GERAL DO PROJETO

Lote: 02474 - Prep (X) Scan () Index ()
Projeto Nº 0237/04/01
Volume 1
Qtd A4 _____ Qtd A3 _____
Qtd A2 _____ Qtd A1 _____
Qtd A0 _____ Outros _____

FORTALEZA
Junho/99



GOVERNO DO ESTADO



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH

PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM MACACOS

TOMO IV
RELATÓRIO GERAL

VOLUME I
DESCRIÇÃO GERAL DO PROJETO

0237/04/01

99/0327

ex 2

FORTALEZA
Junho/99

000003





ÍNDICE

ÍNDICE

APRESENTAÇÃO	5
1 - FICHA TÉCNICA DA BARRAGEM MACACOS	7
2 - DESCRIÇÃO DAS OBRAS	10
2 1 - Localização	11
2 2 - Lay - Out Geral...	11
3 - CLIMATOLOGIA	15
3 1 - Dados Gerais	16
3 2 - Temperatura	17
4 - HIDROLOGIA	18
4 1 - Generalidades	19
4.2 - Curvas Cota-Área e Cota-Volume	19
4 3 - Vazões Regularizadas	21
4 4 - Cheias de Projeto	21
4 4 1 Cheias de Projeto do Sangradouro	22
5 - INVESTIGAÇÕES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS	23
5 1 - Introdução	24
5 2 - Materiais para Construções	24
5 3 - Fundação das Estruturas	26
5 3 1 Barragem	26
5 3 2 Tomada D Agua	27
5 3 3 Sangradouro	27
6 - BARRAGEM DE TERRA HOMOGÊNEA E DIQUE AUXILIAR	28
6 1 - Descrição Geral da Barragem	29
6.2 - Definição da Geometria da Barragem	31
6 2 1 - Cota da Crista	31
6 2 2 - Largura da Crista	31
6.3 - Dispositivos de Controle da Percolação d'água pelo Maciço e Fundação da Barragem	32
6.4 - Análises de Estabilidade	33

6 4 1 - Introdução	33
6 4 2 - Estabilidade dos Taludes ao Fim do Período Construtivo	33
6 4 3 - Estabilidade dos Taludes com o Reservatório em Funcionamento	34
7 - TOMADA D'ÁGUA	35
7 1 - Características Gerais da Obra...	36
7 2 - Níveis Operacionais no Reservatório.....	36
8 - SANGRADOURO	38
8 1 - Descrição Geral ..	39
9 - DIQUE AUXILIAR	40
10 - RELAÇÃO DO EQUIPAMENTO MÍNIMO	42
11 - INSTALAÇÃO MÍNIMA PARA O CANTEIRO DA OBRA	44
12 - CRONOGRAMA FÍSICO	46

600006



APRESENTAÇÃO

000007

APRESENTAÇÃO

A ENGEPROL Ltda apresenta, a seguir, o Projeto Executivo da Ampliação da Reserva Hidrica do Sistema Carrapateiras/Macacos, no município de Ibaretama, no estado do Ceara, objeto do Contrato nº 079/97-SRH- Secretaria dos Recursos Hídricos

O referido projeto esta apresentado nos seguintes documentos

TOMO I – Relatório dos Estudos Preliminares

TOMO II – Relatorios dos Estudos Basicos

VOLUME I – Estudos Topográficos

VOLUME II – Estudos Geologicos e Geotécnicos

VOLUME III – Estudos Hidrológicos

TOMO III – Relatório da Concepção Geral do Projeto

TOMO IV – Relatório Geral

VOLUME I – Descrição Geral do Projeto ✓

VOLUME II – Memorial de Cálculo ✓

VOLUME III – Especificações Técnicas e Orçamento ✓

VOLUME IV – Desenhos ✓

TOMO V – Relatório Sintese ✓

O presente relatorio refere-se ao TOMO IV – Relatório Geral

VOLUME I – Descrição Geral do Projeto

1 - FICHA TÉCNICA DA BARRAGEM MACACOS

1 - FICHA TÉCNICA DA BARRAGEM MACACOS

- Localização

Município	Ibaretama
Coordenadas Geograficas	N=9 555 821,12 E=562 255,61
Nome	Barragem Macacos

- Hidrologia/Hidraulica

Bacia de drenagem	67,6km ²
Preçipitação media anual da Bacia	800 mm
Bacia Hidraulica	249,56 ha
Volume do Reservatorio (a cota 120,00 m)	12,37 hm ³ <i>2,13 - 12,37 = 10,24</i>
Vazão regularizada (garantia de 90%)	0,071 m ³ /s
Vazão afluyente maxima de projeto (TR=1 000anos)	367,16m ³ /s
Vazão maxima de projeto amortecida (TR=1 000 anos)	245,77m ³ /s
Nivel d agua maximo maximorum (TR = 1 000 anos)	121,50m
Nivel d agua maximo normal	120,00m

- Barragem

Tipo	Terra Homogênea
Altura maxima	17,00m
Extensão pelo coroamento	870,00 m
Cota do coroamento	122,50 m
Volume total do maciço	221 790m ³

- Dique Auxiliar

Tipo	Terra Homogênea
Altura maxima	2,05m
Extensão pelo coroamento	435,00 m
Cota do coroamento	122,50 m
Volume total do maciço	6 8490m ³

– **Sangradouro**

Tipo	Canal escavado – soleira espessa
Largura	80,00m
Cota da Soleira	120,00 m

– **Tomada D'Água**

Tipo	Galeria com controle a jusante
Diâmetro	250 mm
Comprimento Total	55,00 m

000011

2 – DESCRIÇÃO DAS OBRAS

2 – DESCRIÇÃO DAS OBRAS

2.1 - Localização

A Barragem dos Macacos está localizada no povoado de Barreiros, no município de Ibaretama, na região Centro do Estado do Ceará, longitude 38° 42'W e latitude 4° 47'S

A cidade de Ibaretama liga-se a Fortaleza pela rodovia estadual, pavimentada, CE-122 e pela BR 116, distando cerca de 140 Km

O acesso ao eixo do barramento, partindo-se da cidade de Ibaretama, é feito através da CE 122 até a localidade do Posto São Paulo onde pega-se uma estrada carroçável à direita até a localidade de Barreiro, a qual fica aproximadamente 1 Km do boqueirão

As figuras 2.1 e 2.2, apresentadas a seguir, mostram a localização e o acesso ao empreendimento

2.2 - Lay - Out Geral

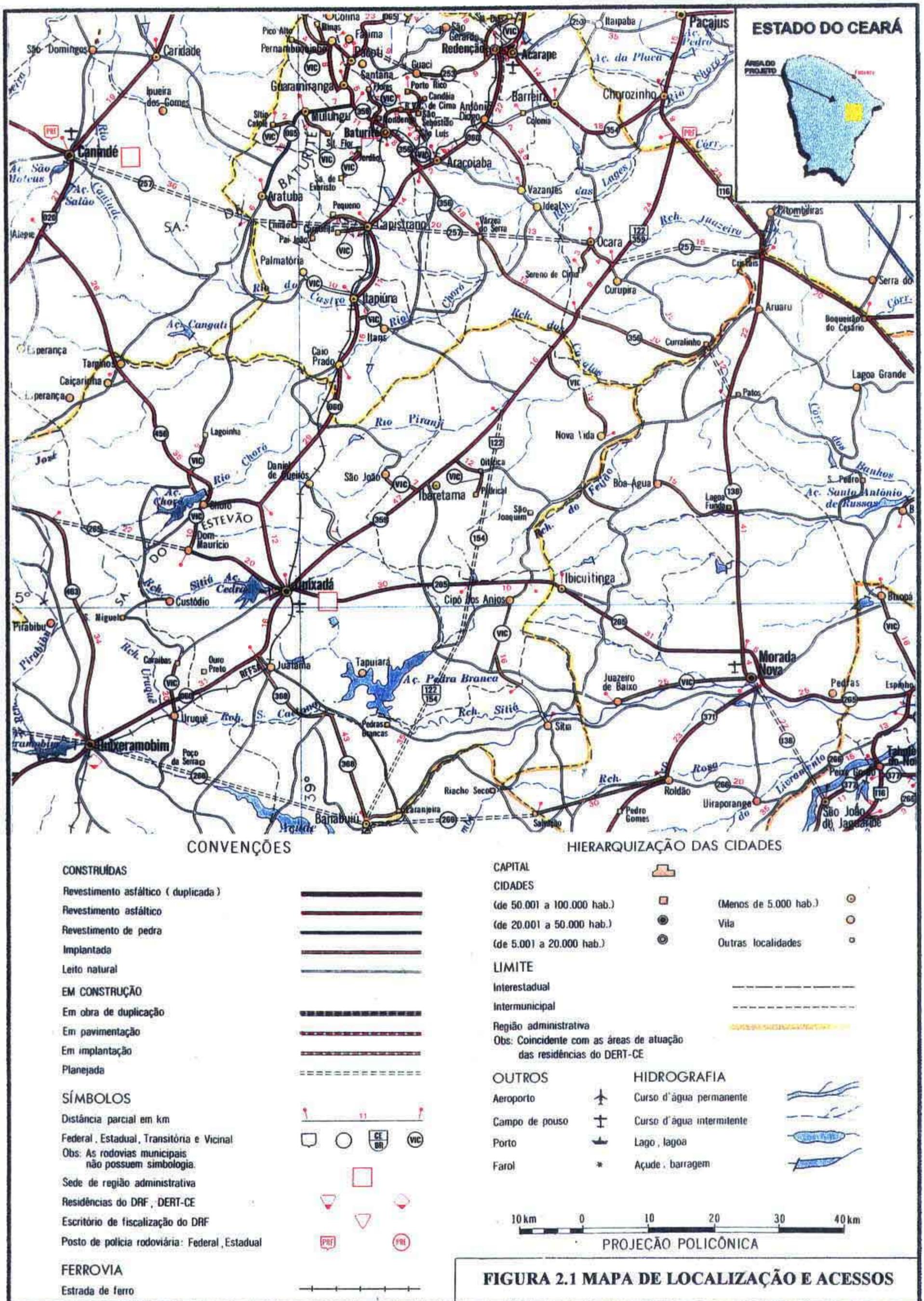
De acordo com os resultados dos estudos técnico-econômicos de alternativas de vertedouro desenvolvidas, o arranjo geral das obras do Projeto da Barragem Macacos apresenta-se como será descrito, de forma resumida a seguir

O fechamento do vale do riacho será feito por meio de uma barragem de terra homogênea construída com material de jazidas e, eventualmente com material proveniente das escavações do vertedouro para preenchimento do paramento de jusante, cuja crista se inicia na estaca -18 + 9,50m retilínea até a estaca 8A, onde se inicia a primeira inflexão do eixo com deflexão de 20,39°. Esta curva se desenvolve até a estaca 6A, seguindo-se um novo trecho reto até a estaca 1A, onde se inicia a Segunda inflexão do eixo, com deflexão de 32,30° e, a partir daí, o eixo segue reto até a estaca 25 + 9,50m, num desenvolvimento pela crista de 870m

O vertedouro, localizado na ombreira esquerda, tem largura de 80,00m e seu limite direito e a estaca -19 ou estaca 12 +8.25m do eixo topográfico lançado por ocasião do levantamento topográfico. Após o vertedouro foi projetada um dique auxiliar com um desenvolvimento total de 435.00 m para fechamento completo do vale na cota do coroamento.

A Tomada D'Água será constituída por uma galeria em concreto, implantada na ombreira esquerda, na altura da estaca 3, com uma tubulação de diâmetro de 250mm embutido na galeria. O acionamento da Tomada D'Água será feito a jusante.

O Vertedouro em soleira espessa, na ombreira esquerda, com locação otimizada devido as condições da fundação, será escavado em solo até uma profundidade média de 1.50 a 2,0m e, a partir daí, em rocha.



000015

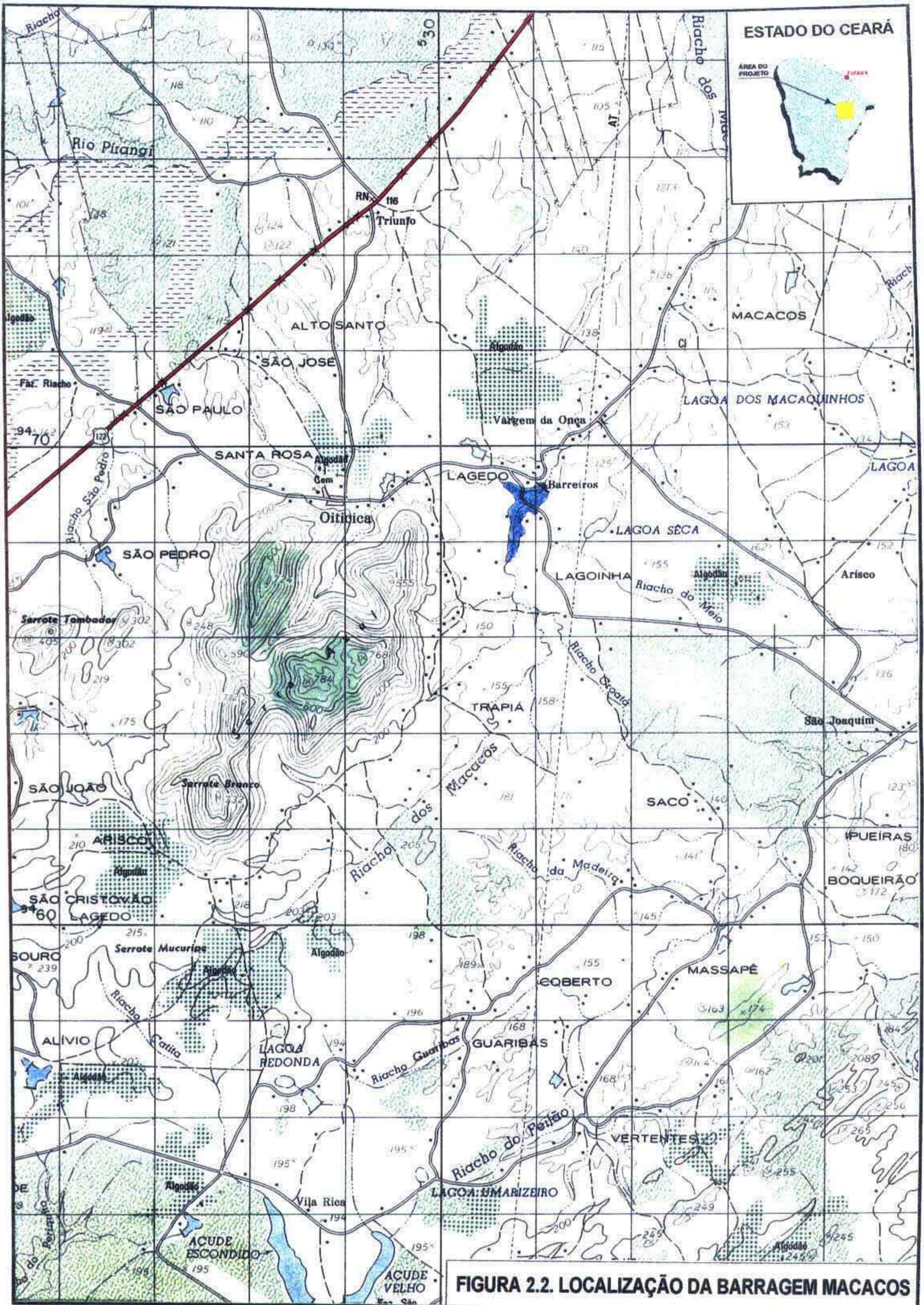


FIGURA 2.2. LOCALIZAÇÃO DA BARRAGEM MACACÓS



3 – CLIMATOLOGIA

000017

3 – CLIMATOLOGIA

3.1 – Dados Gerais

A bacia do Riacho Macacos drena uma área de 67.60 km² no local a ser barrado

A Climatologia da região da bacia do riacho Macacos baseia-se na estação hidroclimatológica de Cristais, no rio Pirangi, que serviu para estimativa dos parâmetros referentes ao escoamento superficial

Sinopse Climatológica

• Pluviometria Média Anual (sobre a bacia)	800 mm
• Evaporação Média Anual	1468 mm
• Insolação Média Anual	2982,8 h
• Umidade Relativa Média Anual	67,5%
• Temperatura Média Anual Média das Máximas	33,8°C
• Temperatura Média Anual Média das Médias	27,1°C
• Temperatura Média Anual Média das Mínimas	21,9°C
• Classificação Climática	DdA a'

PLUVIOMETRIA

Para a caracterização do escoamento afluente a barragem, base para os estudos de regularização, foram realizados os estudos de vazões mensais, via modelo hidrológico chuva-defluvio, visto tratar-se de bacia sem dados fluviométricos observados

A precipitação média anual no local da barragem Macacos é da ordem de 800mm. O trimestre mais úmido é fevereiro, março e abril, e o mais seco corresponde a agosto, setembro e outubro

A distribuição temporal das chuvas na região é quase uniforme, o regime das precipitações nas cabeceiras difere pouco dos ocorrentes no curso médio e baixo

007018

3.2 - Temperatura

As temperaturas na bacia do Macacos são bastante uniformes durante o ano apresentando média mínima de $20,6^{\circ}\text{C}$ no mês de julho e máxima de $35,7^{\circ}\text{C}$ no mês de dezembro

4 - HIDROLOGIA

007020

4 - HIDROLOGIA

4.1 - Generalidades

Os estudos de fluviometria e demais aspectos hidrológicos do riacho Macacos foram elaborados a partir dos dados disponíveis das estações de Olho d'Água e Boa Água

Os dados disponíveis de interesse foram submetidos a análises criteriosas, tais como determinação das relações cota-descarga e consistência de valores de descargas, níveis d'água, com a finalidade de obter-se vazões médias e vazões de chuva. Em função destes resultados foram desenvolvidos estudos para fins de determinação dos valores de vazões regularizadas e vazões de projeto

Tais estudos foram apresentados com detalhes no relatório dos Estudos Hidrológicos cujos resultados são descritos de forma sucinta a seguir

4.2 – Curvas Cota-Área e Cota-Volume

As curvas cota-área e cota-volume para o reservatório da barragem Macacos foram obtidas da topografia da bacia hidráulica

As áreas foram calculadas por planimetragem das curvas de nível a cada metro

A partir destas áreas foram calculados os volumes do reservatório

No final deste item é apresentada uma tabela com as áreas e volumes do reservatório para curvas de nível compreendidas entre as cotas 105,00 a 122,00

BARRAGEM MACACOS

COTA X ÁREA X VOLUME

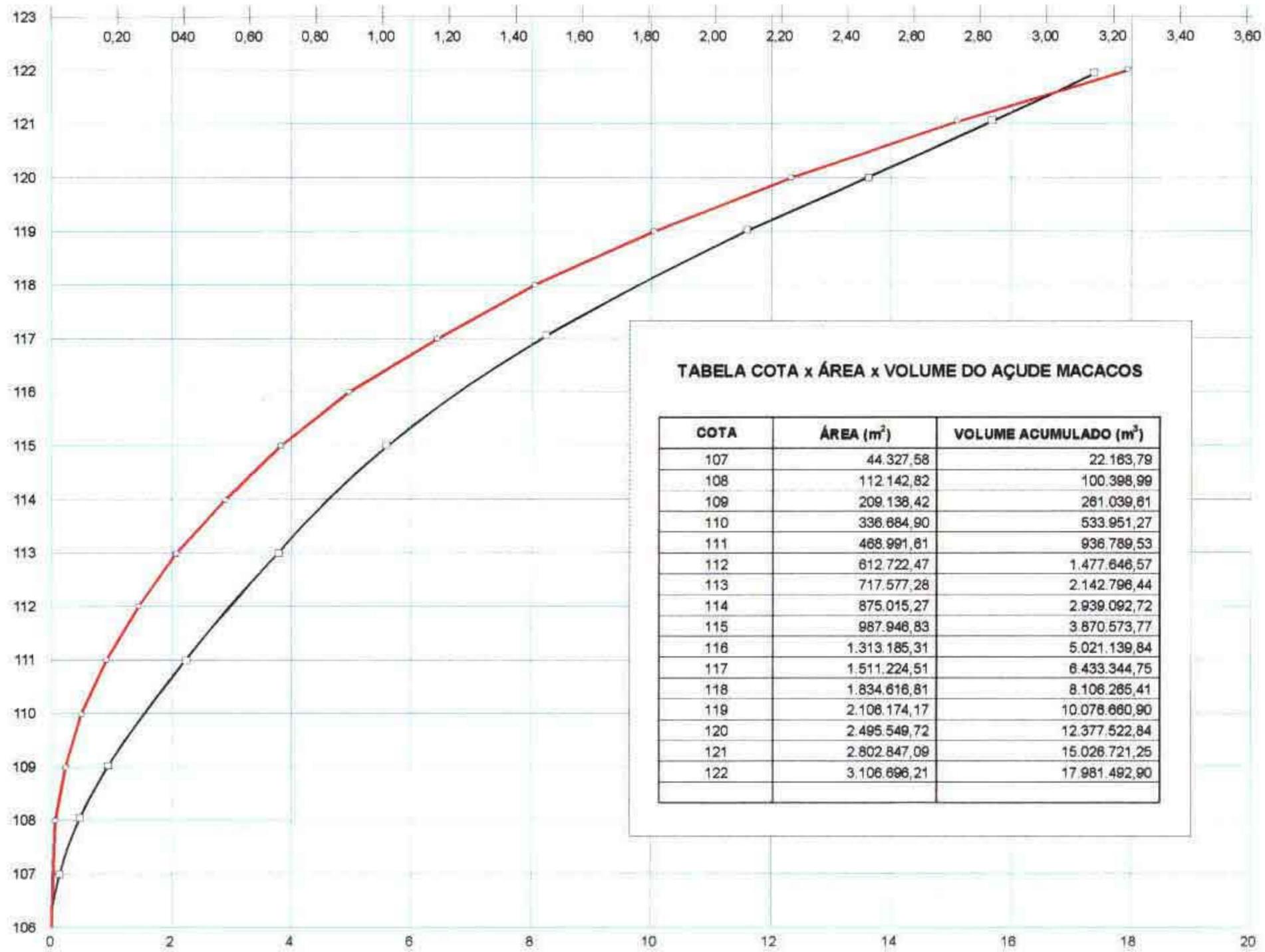


TABELA COTA x ÁREA x VOLUME DO AÇUDE MACACOS

COTA	ÁREA (m ²)	VOLUME ACUMULADO (m ³)
107	44.327,58	22.163,79
108	112.142,82	100.398,99
109	209.138,42	261.039,61
110	336.684,90	533.951,27
111	468.991,61	936.789,53
112	612.722,47	1.477.646,57
113	717.577,28	2.142.796,44
114	875.015,27	2.939.092,72
115	987.946,83	3.870.573,77
116	1.313.185,31	5.021.139,84
117	1.511.224,51	6.433.344,75
118	1.834.616,81	8.106.265,41
119	2.106.174,17	10.076.660,90
120	2.495.549,72	12.377.522,84
121	2.802.847,09	15.026.721,25
122	3.106.696,21	17.981.492,90

 Volume (m³)
 Área (m²)

000022

4.3 - Vazões Regularizadas

Com base na serie reconstituída estabeleceu-se o balanço hidrico do reservatorio da barragem Macacos, simulando-se mensalmente a operação do reservatorio, considerando as perdas por evaporação e precipitação diretamente sobre o espelho d'água, para a descarga regularizada em estudo

A simulação considerou o nivel d'agua mínimo operacional a cota 110,0m. Ao atingir este nivel automaticamente a descarga regularizada passa a ser nula

Analizando os resultados obtidos com a simulação da operação do reservatorio de Macacos, concluiu-se pela da cota 120,00, para o Nível D'Água Máximo Normal, que corresponde ao custo mínimo do metro cúbico regularizado

4.4 – Cheias de Projeto

A metodologia utilizada nos estudos de previsão de chuvas foi o modelo HEC-1. Devido a escassez de registros historicos de vazões, é mais usual a determinação do *hidrograma de projeto com base na precipitação*

A metodologia escolhida para os estudos de previsão de chuvas foram os metodos de *transformação chuva-defluvio*, tendo em vista a escassez de dados da bacia a ser estudada os metodos estatisticos de obtenção de vazões máximas que se utilizam series historicas de vazões observadas, procedimento comum para bacias naturais, não podem ser aplicados

Diante da metodologia aplicada foi possível descrever várias hipóteses de cálculo da cheia de projeto, tais como a escolha da chuva de projeto, o hietograma utilizado, a definição da precipitação efetiva, o hidrograma da cheia na bacia e, por fim, o seu amortecimento no sangradouro

Simulou-se as hidrografas de cheias pela aplicação das chuvas de projeto aos *hidrogramas unitarios*

000023

As hidrografas de cheias com tempo de recorrência de 1 000 e 10 000 anos são apresentadas no Relatório dos Estudos Básicos, Tomo I - Volume 3 - Estudos Hidrológicos

4.4.1 Cheias de Projeto do Sangradouro

O sangradouro foi dimensionado com base nos estudos hidrológicos e econômicos, visando definição de sua largura, seu tipo e a cota de coroamento da barragem associada a alternativa adotada

O estudo de amortecimento de cheias no reservatório foi feito para várias alternativas de soleira e extensão da crista

Para dimensionamento hidráulico do vertedouro, adotou-se a vazão correspondente a 1 000 anos, uma largura de 80,00m e a cota da soleira no nível 120,00m

5 - INVESTIGAÇÕES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS

000025

5 - INVESTIGAÇÕES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS

5.1 - Introdução

Apresentam-se a seguir um resumo dos principais resultados obtidos das investigações geológico-geotécnicas de fundação realizadas na área de implantação da barragem e estruturas auxiliares, dos estudos geológicos efetuados na área do futuro reservatório da barragem Macacos e das pesquisas de material para a execução do maciço e obras complementares

Estas informações serviram de base para a elaboração do projeto executivo das obras

GEOLOGIA DO LOCAL DA BARRAGEM

O local de implantação da barragem Macacos, se situa em um vale relativamente aberto, ombreiras com inclinação média a suave, da ordem de 2 graus

No trecho central a rocha está recoberta com ocorrências de areias e argilas aluvionares, com permeabilidade variando entre 10^{-3} a 10^{-5} cm/s. A permeabilidade é baixa e uniforme no horizonte compreendido pelo solo de alteração de rocha

Das sondagens mistas realizadas observa-se uma recuperação de do material atravessado por sondagem rotativa a profundidades em torno de 1,0 a 2,0m nas ombreiras e chegando a 10,00m no trecho central do boqueirão

5.2 – Materiais para Construções

O material argiloso a ser utilizado na construção do corpo da barragem será proveniente de uma jazida que se encontra localizada a montante do eixo, na área da bacia hidráulica a distância de 1.800m do eixo, com um volume disponível da ordem de 492.800m³. Esta jazida foi reconhecida e estudada na fase de pesquisa de materiais de construção

De acordo com os resultados dos ensaios de laboratório na jazida 01, predomina material do tipo SM, seguido em pequena proporção de CL e ML

000026

Os valores obtidos dos ensaios rotineiros foram submetidos a tratamento estatístico sendo definidas as faixas representativas do material, de acordo com a média e o desvio padrão

Para definição dos parâmetros de interesse ao projeto, foram executados ensaios de laboratório cujos resultados apresenta-se a seguir

- Classificação de acordo com o Sistema Unificado
- Permeabilidade média 4,5x10⁻⁷ cm/s
- Umidade ótima de compactação - Proctor Normal 15,7%
- Massa específica aparente máxima 1,71 g/cm³
- Coesão(cisalhamento direto) 0,2 kg/cm²
- Ângulo de atrito interno (cisalhamento direto) 27°

A areia sera explorada a partir de uma jazida existente a 500m do eixo barrável Foram coletadas amostra e submetidas a ensaios de granulometria e permeabilidade

De acordo com os resultados dos ensaios de laboratório apresentam as seguintes características

- Classificação de acordo com o Sistema Unificado SP
- Permeabilidade média 1,5x10⁻² cm/s
- Volume disponível 60 000m³

Com base nas envoltórias das curvas granulométricas do areal, foram feitas verificações dos criterios de filtro e transições, para estas areias e para os solos da jazidas 01 Os resultados obtidos foram satisfatorios

No que diz respeito a utilização nos concretos, as amostras ensaiadas atendem integralmente aos limites recomendados pela A B N T (Associação Brasileira de Normas Técnicas) e da A S T M (American Society of Testing Materials) , especialmente no que se refere as porcentagens retidas nas peneiras N^{os} 4, 10 e 16, correspondentes respectivamente as aberturas da malha 4,8mm, 2mm e 1,2mm Os percentuais de material pulverulento em todas as amostras esta muito aquem do máximo permissivel pelas normas

Existe uma jazida de pedra a 500m do centro geométrico das obras com volume disponível de 43 000m³. A rocha a ser utilizada nos enrocamentos (rip-rap e rock-fill) será proveniente desta pedreira, e eventualmente material das escavações do vertedouro, caso a sua qualidade se mostre adequada ao aproveitamento.

Complementando a disponibilidade dos materiais de construção foi identificada uma cascalheira a 800m do eixo, que apresenta um volume explorável da ordem de 13 000m³.

Os resultados obtidos com ensaios tipo Los Angeles em amostras de rocha da pedreira, permitem concluir que o material apresenta características adequadas de resistência e durabilidade, não havendo restrições quanto ao seu uso nos enrocamentos e como agregados nos concretos.

5.3 - Fundação das Estruturas

As condições geológico-geotécnicas de fundação das estruturas, conforme apresentado no desenho do Perfil Geotécnico, são resumidamente discriminadas a seguir:

5.3.1 Barragem

As ombreiras apresentam inclinação suave, sendo cobertas por siltes arenosos e argilosos e argilas siltosas de plasticidade variada, sobre solos de alteração de rocha com espessura média total de 2,0m, com ausência de afloramentos ou de matações. Este material caracteriza-se como um solo de alteração de origem granito/gnáissica, constituído de areia argilosa e siltosa, de granulometria variada, com pedregulhos que apresentam índices de compactação alta a partir de 1,50 metros de profundidade, conforme resultado dos ensaios de penetração realizados pelas sondagens que têm profundidade entre 4 e 10m.

Os ensaios de infiltração revelaram valores do coeficiente de perda d'água específica variado longo dos furos realizados, sendo que na maioria dos trechos ensaiados os valores apresentam-se baixos, mostrando ser o solo de alteração de rocha pouco permeável.

O leito do riacho em toda a sua calha o solo de alteração de rocha e coberta por depósitos aluvionares de espessura variável, que atinge profundidade média de até 5 metros. Sob o aluvião o solo de alteração de rocha apresenta uma permeabilidade baixa, mesmo no trecho de maior espessura compreendido pelas estacas 10 e 18.

Dadas as condições geológicas e geotécnicas da fundação da barragem neste trecho, destacando-se os valores relativamente baixos de resistência e as características da barragem projetada, projetou-se um cut-off mais profundo, para reduzir a descarga através da fundação.

Durante a implantação das obras deve ser executada uma trincheira exploratória neste trecho, a fim de se confirmar as características deste material, e realizar novos ensaios de infiltração, se não for evidente a sua consistência a profundidades superiores às atingidas pelos ensaios de permeabilidade realizados na fase de estudos de campo.

5.3.2 Tomada D'Água

A Tomada D'Água localiza-se na ombreira esquerda da barragem, em trecho de talude relativamente suave. A área é constituída superficialmente por silte arenoso e argila siltosa, rija, com pedregulhos que por sua vez está sobrejacente a um pacote de solo residual misturados com o solo de alteração do gnaisse.

A localização da estrutura da tomada d'água foi definida em função da topografia, que apresenta vantagens em relação às escavações a serem realizadas nos canais de emboque e desemboque, que na ombreira direita implicaria em maiores volumes. Do ponto de vista geomecânico as ombreiras são similares no nível de entrada da galeria.

5.3.3 Sangradouro

O solo de alteração rocha na área de implantação do sangradouro se apresenta mais próximo à superfície natural, sendo recoberto por um manto constituído por siltes e argilas com pedregulho, muito rijo, numa espessura média de 1,50 metros no trecho da soleira, e que vai reduzindo de espessura à proporção que se aproxima dos limites laterais. Sob este manto de solo de alteração de rocha apresenta-se rocha.

6 - BARRAGEM DE TERRA HOMOGÊNEA E DIQUE AUXILIAR

6 - BARRAGEM DE TERRA HOMOGÊNEA E DIQUE AUXILIAR

6.1 – Descrição Geral da Barragem

A barragem projetada com duas inflexões em planta, face as condições topográficas do vale e é do tipo homogênea. O maciço terá 17,00m de altura máxima, 870 metros de extensão e capacidade total de 12,37 x 10⁶ metros cúbicos.

A barragem tem seu coroamento a cota 122,50m, com 6,00m de largura de crista e taludes de montante e jusante com inclinações de 1V/2H. O material de construção será proveniente da jazida, respeitando-se os critérios de uniformidade e aceitação impostos nas especificações técnicas.

O sistema de drenagem interna da barragem é constituído por um filtro vertical, tapete drenante e enrocamento de pé. Os cálculos efetuados para dimensionamento desse sistema se encontram no volume relativo a Memória de Cálculos do Projeto.

O filtro vertical tem espessura de 1,00m, com topo na cota 120,00m, sendo constituído de areia com granulometria apropriada, especificada no desenho da seção tipo da barragem.

O tapete drenante tem 1,00m de espessura e tem como função coletar eventuais descargas remanescentes do cut-off e da rocha de fundação, bem como elemento de transferência das descargas do maciço, captadas pelo filtro vertical até o enrocamento de pé (rock-fill).

O enrocamento de pé é constituído por blocos de pedra jogada, com topo fixado em 1,0m acima da face superior do tapete, uma vez que sua função se resume em coletar vazões do sistema de drenagem, sem qualquer função de abaixamento da superfície freática. Esta estrutura de descarga de todo o sistema de drenagem interna do maciço, bem como eventuais descargas pela fundação (sob o maciço) é projetada até o nível exequível abaixo da cota da soleira, que foi tomada como referência para fixação do topo do filtro. Em cotas superiores, a drenagem interna é feita somente pelo filtro vertical.

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

1o) $D_{15}(\text{filtro})/D_{15}(\text{maciço}) > 5 > D_{15}(\text{filtro})/D_{85}(\text{maciço})$

2o) A curva granulométrica do material do filtro deverá ser aproximadamente paralela a do material do maciço

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

No talude de jusante, foi projetada uma proteção vegetal feito com a plantação de grama ou outra planta rasteira. Na junção entre o maciço compactado e o terreno natural foi projetada uma canaleta de drenagem construída de blocos de pedra de mão rejuntados com argamassa, nos trechos superiores ao enrocamento de pe, para evitar erosões causadas pelas águas pluviais

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

É recomendável que as camadas do aterro situadas em zonas mais elevadas, principalmente nas proximidades das ombreiras sejam executadas com graus de compactação menores e umidades acima e em torno da ótima. As camadas inferiores do aterro terão maior resistência ao cisalhamento, e a profundidades maiores o peso do solo sobrejacente será suficiente para se ter tensões de compressão

Nas fundações previu-se tratamento superficial em toda área de implantação da barragem, consistindo este na remoção de todo o solo de recobrimento. Na área de apoio cut-off da barragem, o tratamento se torna mais intenso, devendo as escavações atingirem o solo de alteração de rocha, prevendo-se ainda regularização, para a obtenção de superfícies planas e contínuas

6.2 – Definição da Geometria da Barragem

6.2.1 - Cota da Crista

A cota da crista da barragem foi fixada em 122,50m, com base na definição de soleira determinada nos Estudos Hidrológicos apresentados e nas estimativas de revanche efetuadas. O nível d'água máximo máximum no reservatório para um tempo de recorrência de mil anos, se situa na cota 121,50m. A folga ("freeboard") necessária, obtida utilizando-se um "fetch" medido de 1,4 km, foi de 0,91m.

Para definição da crista verificou-se a cota do NA máximo máximum do reservatório para as cheias milenar e decamilenar. Na primeira verificação, adotando-se a folga calculada em função do "fetch" que resultou num nível máximo na cota 122,40. Na segunda verificação, somou-se a lâmina a folga mínima de 0,5m, que resultaria do nível 122,49m. A cota do coroamento foi arredondada para 122,50m.

6.2.2 - Largura da Crista

A largura da crista da barragem é geralmente fixada com base nas dimensões de obras semelhantes e/ou para finalidades específicas que imponham uma determinada largura, além de aspectos construtivos.

No trabalho "Barragens em Terre Compactee - Practiques Americaines" - G. Post e P. Londe apresentam a fórmula de E. F. Preece, para fixar a largura b em função da altura H da barragem:

$$b = 1,1 \sqrt{H} + 1 \quad H = \text{altura máxima}$$

obteve-se então $b = 5,44\text{m}$

Considerando as características específicas da barragem do Macacos e a experiência acumulada de obras de porte semelhante, adotou-se a largura de 6,00 metros.

6.2.3 - Fixação dos Taludes

Na fixação dos taludes da barragem de Macacos procurou-se, mantida a segurança necessária a uma obra desse porte, reduzir tanto quanto possível o volume do maciço compactado.

Os taludes foram inicialmente adotados com base nos parâmetros definidos através dos ensaios de laboratório que indicam a disponibilidade de um material alta resistência ao cisalhamento, uma vez que predominam areias siltosas, com coesão e ângulo de atrito interno da ordem 0.2 kg/cm^2 e 27° , respectivamente.

Os taludes adotados tiveram sua estabilidade verificada para as condições críticas de carregamento.

6.3 – Dispositivos de Controle da Percolação d'água pelo Maciço e Fundação da Barragem

Como dispositivo de proteção contra o carreamento do material fino do maciço argiloso, pelas águas em percolação, foi previsto um filtro vertical, que completa a função de coletar eventuais fluxos pela fundação, após o cut-off, com um tapete drenante que desagua num enrocamento de pé.

No entanto, com base nas condições geológico-geotécnicas da rocha de fundação e face as características da barragem projetada, o cut-off será suficiente como controle da percolação pela fundação. No trecho crítico, entre as estacas 10 e 18, a estanqueidade é complementada com o aumento da profundidade do cut-off.

Com o preenchimento de material impermeável na trincheira, comparado com o material da fundação, ocorrerá a redução da percolação sob o maciço e das pressões no pé de jusante, que são diretamente proporcionais a profundidade da trincheira.

Esta trincheira deverá ser preenchida com o material mais impermeável dentre os disponíveis para a obra, ou seja o CL da J-01.

6.4 – Análises de Estabilidade

6.4.1 - Introdução

As análises de estabilidade foram feitas para a seção de máxima altura da barragem, para as condições críticas correspondentes ao final da construção e com o reservatório em funcionamento

O cálculo da estabilidade da Barragem Macacos foi executado através do programa IPT-ESTAB1/PC, usando os métodos de Bishop Simplificado, com parâmetros de entrada obtidos através de ensaios de cisalhamento direto. Este programa calcula o coeficiente de segurança para a superfície crítica de ruptura pesquisada automaticamente. Os dados de entrada são a geometria completa da seção num sistema de coordenadas, os valores de coesão e ângulo de atrito de cada material, o peso específico dos materiais e valores de R_u por material.

6.4.2 - Estabilidade dos Taludes ao Fim do Período Construtivo

Para o talude de montante e jusante, foram feitas análises de estabilidade pelo método de Bishop Simplificado, por computador, admitindo-se superfícies de ruptura cilíndricas.

Os parâmetros de resistência ao cisalhamento para o material do maciço da barragem foram determinados com base nos resultados de ensaios de cisalhamento direto lento. Admitiu-se portanto, que haverá dissipação das pressões neutras durante a construção do maciço da barragem.

Os parâmetros de resistência para os materiais de enrocamento, filtros e transições foram estimados com base nos valores obtidos em barragens semelhantes.

Os coeficientes de segurança obtidos nessas análises encontram-se na Memória de Cálculos da barragem, enquanto que nos desenhos a essa anexo, estão indicados os coeficientes de segurança mínimos obtidos para cada centro de círculo de ruptura passando pelo maciço.

6.4.3 - Estabilidade dos Taludes com o Reservatório em Funcionamento

Talude de Montante

A condição mais crítica a que poderia ser submetido o talude de montante corresponderia a um rebaixamento rápido do reservatório. Como esta seja uma hipótese tem probabilidade de ocorrência quase nula no caso do reservatório do Macacos, a análise foi procedida pelo método de Bishop Simplificado, por computador, admitindo-se ainda que as pressões neutras no maciço se desenvolvessem de acordo com o recomendado por A.W. Bishop no artigo "The Use Of Pore Pressure Coefficients in Practice", partindo-se da rede de fluxo para regime permanente.

Os coeficientes de segurança obtidos nessas análises encontram-se na Memória de Cálculos da barragem, enquanto que nos desenhos a essa anexo, estão indicados os coeficientes de segurança mínimos obtidos para cada centro de círculo de ruptura passando pelo maciço.

Tendo em vista as hipóteses extremamente conservadoras admitidas na análise não é de se temer qualquer problema com a estabilidade do talude de montante durante a operação do reservatório.

7 - TOMADA D'ÁGUA

7 - TOMADA D'ÁGUA

7.1 - Características Gerais da Obra

Serão descritas a seguir as principais características da obra de tomada d'água da barragem Macacos

A tomada d'água ficará embutida no maciço da barragem, firmemente apoiada sobre solo de alteração de rocha como fundação, e se localiza da ombreira esquerda, em torno da cota 110,00m

A orientação do fluxo em direção ao emboque da tomada d'água será feita através de um canal de acesso, implantado na cota 109,25m, encaixando-se na estrutura por meio de uma caixa de entrada provida de uma grade de proteção contra entrada de material graúdo que desce das margens

A estrutura de captação em concreto armado será do tipo convencional "galeria", com dispositivos de controle de saída

A galeria terá um diâmetro de 250mm, com cerca de 55 m de comprimento

O acionamento da tomada d'água será feito a jusante, através de registro gaveta com comando de pedestal de manobra

O eixo da tomada d'água será perpendicular ao da barragem

7.2 – Níveis Operacionais no Reservatório

O nível mínimo operacional no futuro reservatório foi determinado a partir da cota 110,00m anteriormente citada, acrescida das perdas de carga devidas à veiculação da vazão de projeto através das obras da tomada d'água

Com base nos cálculos hidráulicos efetuados adotou-se um total de perdas de carga de 0,697m

Por conseguinte o nível mínimo operacional no reservatório resulta igual a $110,00 + 0,697 = 110,697\text{m}$

Quanto ao nível máximo, que foi definido com base nos resultados dos estudos hidrologicos, adotou-se o nível $120,00\text{ m}$

No gerenciamento e operação do reservatório necessário se fará a utilização da curva de descarga da galeria apresentada na Memória de Calculos

8 - SANGRADOURO

8 - SANGRADOURO

8.1 – Descrição Geral

Descrevem-se a seguir as características gerais do sangradouro da barragem Macacos

A solução adotada caracteriza-se pela simplicidade do arranjo, decorrente das favoráveis condições geológicas do local de implantação das obras, em que a soleira espessa do sangradouro apresenta uma inflexão em relação ao eixo da barragem de $54,59^\circ$, entre as estacas 23 e a estaca 27 do eixo implantado por ocasião dos estudos topográficos, na ombreira esquerda, estando inteiramente assente sobre rocha

Esse arranjo proporciona total segurança de funcionamento e, ao mesmo tempo, permitirá utilizar todo o material escavado para implantação do sangradouro, no corpo da barragem, caso suas características atendam às exigências das especificações técnicas. Com isso, obter-se-á uma economia substancial nos investimentos, devido inclusive, à pequena distância de transporte dos materiais

A estrutura terá uma largura de 80,00m, num desenvolvimento de 269,00m, tendo sido calculado para dar vazão a uma descarga de $245,77\text{m}^3/\text{s}$ que corresponde a uma vazão de tempo de recorrência igual a 1 000 anos

000041

9 – DIQUE AUXILIAR

9 – DIQUE AUXILIAR

O dique auxiliar foi projetada com uma inflexão em planta, face as condições topograficas do vale e e do tipo homogênea O maciço terá 2,05m de altura máxima, 435 metros de extensão Tal como a barragem, tem seu coroamento à cota 122,50m, com 6.00m de largura de crista e taludes de montante e jusante com inclinações de 1V 2H O material de construção sera proveniente da jazida, respeitando-se os critérios de uniformidade e aceitação impostos nas especificações técnicas

000043

10 - RELAÇÃO DO EQUIPAMENTO MÍNIMO

10 - RELAÇÃO DO EQUIPAMENTO MÍNIMO

1	Trator de esteiras com potência igual ou superior a 270 HP	02
2	Trator de esteiras com potência igual ou superior a 140 HP	02
3	Trator de pneus com potência igual ou superior 100 HP	03
4	Carregadeira frontal com potência igual ou superior a 170 HP	04
5	Motoniveladora com potência igual ou superior a 125 HP	03
6	Caminhão basculante com capac igual ou superior a 6m ³	10
7	Betoneiras com capacidade mínima de 320 l	03
8	Caminhão pipa com capacidade igual ou superior a 6000 l com irrigadeira	04
9	Rolo compactador autopropelido vibratório pé-de-carneiro de 10 ton ou similar	03
10	Rolo liso autopropelido vibratório de 10 ton ou similar	01
11	Retro-escavadeira com capacidade igual ou superior a 0.6m ³	02
12	Conjunto de britagem com capacidade igual ou superior a 20m ³ /h	01
13	Compressor de ar com capacidade igual ou superior a 700pcm (pes cubicos por minuto)	02
14	Compressor de ar portatil c/ capacidade superior a 250pcm	01
15	Carreta de perfuração com capacidade igual ou superior a 500pcm (pes cúbicos por minuto)	02
16	Grade de disco com capacidade de 20 discos de 24"	02
17	Sapo mecânico	02
18	Marteletes de 24kg	04

11 – INSTALAÇÃO MÍNIMA PARA O CANTEIRO DA OBRA

11 – INSTALAÇÃO MÍNIMA PARA O CANTEIRO DA OBRA

- 01 – Escritório da Administração
- 02 – Laboratório de solo e concreto
- 03 – Depósito de cimento
- 04 – Central de britagem
- 05 – Posto de abastecimento de combustível
- 06 – Oficina Mecânica
- 07 – Almoxarifado
- 08 – Carpintaria
- 09 – Ferraria
- 10 – Armação e moldagem
- 11 – Alojamento para pessoal de apoio
- 12 – Eletrificação
- 13 – Escritório de Supervisão

12 - CRONOGRAMA FÍSICO

12 - CRONOGRAMA FÍSICO

Previu-se de acordo com as dimensões das obras da Barragem Macacos e com as características climáticas da região, um prazo de 6 meses para a conclusão das obras, em que devera ser observada a sequência de execução dos serviços a fim de se obter um máximo aproveitamento do tempo e uma eficiência completa no andamento das obras

O cronograma de construção, em que são citados os serviços das obras com seus prazos mínimos de execução bem como o período do ano apropriado para desenvolvimento das atividades, e mostrado a seguir

Considerou-se na concepção do cronograma de construção que as obras de terraplenagem têm seu andamento prejudicado no período chuvoso do ano, devendo portanto ser executadas no período de estiagem, ao passo que os trabalhos de concretagem poderão ser desenvolvidos em qualquer período do ano

600049

CRONOGRAMA DE CONSTRUÇÃO
BARRAGEM MACACOS



SERVIÇOS	MESES					
	1º	2º	3º	4º	5º	6º
Instalação do Canteiro e Alojamento						
Mobilização dos Equipamentos						
Estradas de Acesso e Caminhos de Serviços						
Desmatamento da Bacia Hidráulica						
Limpeza das Áreas do Maciço, Sangradouro e Empréstimo						
Escavação da Fundação "Cut-Off"						
Reaterro da Fundação "Cut-Off"						
Escavação do Local da Tomada D'água						
Concretagem da Tomada D'água						
Montagem dos Equipamentos Hidromecânicos e Acabamento das Obras da Tomada D'água						
Escavação do Sangradouro						
Execução das Obras Estruturais do Sangradouro						
Execução do Maciço da Barragem Principal						
Execução da Barragem Dique						
Exploração das Jazidas						
Serviços de Acabamentos das Obras da Barragem						

000050