



Julho de 2003

**GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ**



SRH Secretaria dos Recursos Hídricos

Programa de Gerenciamento e Integração dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará - PROGERIRH

Contrato

Nº 02/ PROGERIRH-PILOTO/CE/SRH 2001

Estudos de Alternativas, EIAS/RIMAS, Projetos Executivos, Levantamentos Cadastrais, Planos de Reassentamento e Avaliação Financeira e Econômica dos Projetos das Barragens João Guerra / Umari, Riacho da Serra, Ceará e Missi, e dos Projetos das Adutoras de Madalena, Lagoa do Mato, Alto Santo e Amontada

VOLUME III - DETALHAMENTO DO PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM CEARÁ Tomo 7 - Relatório Síntese



MONTGOMERY WATSON



GOVERNADOR DO ESTADO DO CEARÁ

Lúcio Gonçalo de Alcântara

SECRETÁRIO DE RECURSOS HÍDRICOS

Ednardo Ximenes Rodrigues

SUB-SECRETÁRIO DE RECURSOS HÍDRICOS

Francisco José Coelho Teixeira

COORDENADOR GERAL DOS PROJETOS ESPECIAIS

Francisco Hoilton Rios Araripe

**CONTRATO Nº 002/PROGERIRH - PILOTO/SRH/CE/2001**
EQUIPE DE ELABORAÇÃO

CONSÓRCIO MONTGOMERY WATSON ENGESOFT	ACOMPANHAMENTO E FISCALIZAÇÃO DA SRH
João F. Vieira Neto Engº. Civil Diretor Técnico Engesoft	Ivoneide Ferreira Damasceno Engª. Civil Presidente da Comissão
William Moler Geólogo Gerente do Contrato	Lucrecia Nogueira de Sousa Geóloga Membro da Comissão
Walmir Fernando Duarte Jardim Engº. Civil Coordenador do Projeto	Thereza Cristina Citó Rêgo Engª. Civil Membro da Comissão
José Ribamar Pinheiro Barbosa Engº. Civil Geotecnia e Barragem	Osvan Menezes de Queiroz Engº. Civil Membro da Comissão
Waldir Barbosa de Souza Rodrigues Engº. Civil Barragem	Maria Alice Guedes Geóloga Membro da Comissão
Alysson César Azevedo da Silva Engº. Civil Estudos Básicos e Topografia	Francisco José de Sousa Engº. Agrônomo Membro da Comissão
José Osmar Coelho Saraiva Engº. Civil Hidráulica e Adutora	Maria Elaine Bianchi Geógrafa Membro da Comissão
Sérgio Pontes Engº. Civil Hidráulica e Adutora	Francisco Dário Silva Feitosa Engº. Agrônomo Membro da Comissão
Naimar Gonçalves Barroso Severiano Economista Meio Ambiente e Reassentamento	Nelson L. de S. Pinto Consultor do Painel de Inspeção e Segurança de Barragens da SRH
Marcos César Feitosa Geólogo Levantamento Cadastral	Paulo Teixeira da Cruz Consultor do Painel de Inspeção e Segurança de Barragens da SRH
Paulo Silas de Sousa Engº. Agrônomo Levantamento Cadastral	Roneí Vieira de Carvalho Consultor do Painel de Inspeção e Segurança de Barragens da SRH
Hermano Câmara Campos Geólogo Geologia e Geotecnia	
Raimundo Eduardo Silveira Fontenele Economista Avaliação Financeira e Econômica	



MONTGOMERY WATSON



RELATÓRIO SÍNTESE



MONTGOMERY WATSON



ÍNDICE



ÍNDICE

	Páginas
RELATÓRIO SÍNTESE	3
ÍNDICE.....	4
1. INTRODUÇÃO	6
2. LOCALIZAÇÃO E ACESSO	8
3. FICHA TÉCNICA.....	12
4. CURVA COTA X ÁREA X VOLUME.....	19
5. RELAÇÃO DE DESENHOS	21
6. DESCRIÇÃO GERAL DO PROJETO DA BARRAGEM	24
6.1. <i>Maciço da Barragem.....</i>	<i>27</i>
6.1.1. <i>Fundação</i>	<i>27</i>
6.1.2. <i>Descrição da Seção Tipo</i>	<i>27</i>
6.2. <i>Talude de Montante.....</i>	<i>29</i>
6.3. <i>Talude de Jusante.....</i>	<i>29</i>
6.4. <i>Filtro Vertical.....</i>	<i>29</i>
6.5. <i>Tapete Drenante (Tipo Sanduíche)</i>	<i>30</i>
6.6. <i>Dreno de Pé.....</i>	<i>30</i>
6.7. <i>Instrumentação</i>	<i>31</i>
6.8. <i>Sangradouro</i>	<i>32</i>
6.9. <i>Tomada D'água.....</i>	<i>33</i>
7. RESUMO DOS INVESTIMENTOS.....	34



MONTGOMERY WATSON



1. INTRODUÇÃO



1. INTRODUÇÃO

O Consórcio Montgomery-Watson/Engesoft e a Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará (SRH-CE) celebraram o Contrato N° 02/PROGERIRH-PILOTO /CE/SRH 2001, que tem como objetivo o Estudo de Alternativas, EIAs/RIMAs, Levantamentos Cadastrais, Plano de Reassentamento e Avaliação Financeira e Econômica dos Projetos das Barragens João Guerra, Umari, Riacho da Serra, Ceará e Missi e dos Projetos das Aduadoras de Madalena, Lagoa do Mato, Alto Santo e Amontada. A ordem de serviço foi emitida em 05 de março de 2001.

O presente trabalho compõem o Projeto Executivo da Barragem Ceará, no município de Caucaia, Ceará, que é formado por sete Tomos, a saber:

- Tomo 1 – Relatório Geral do Projeto;
- Tomo 2 – Desenhos e Plantas;
- Tomo 3 – Memória de Cálculo;
- Tomo 4 – Especificações Técnicas;
- Tomo 5 – Quantitativos e Orçamento;
- Tomo 6 – Planos de Operação e Manutenção;

Tomo 7 – Relatório Síntese.

O Tomo 7, aqui apresentado, consiste no Relatório Síntese e aborda os seguintes capítulos:

- Ficha Técnica;
- Relação de Desenhos;
- Descrição Geral do Projeto da Barragem;
- Resumo de Investimentos.



MONTGOMERY WATSON



2. LOCALIZAÇÃO E ACESSO



2. LOCALIZAÇÃO E ACESSOS

A Barragem Ceará será formada pelo barramento do rio homônimo, cuja bacia hidrográfica ocupa uma posição centro-oriental no município de Caucaia, no Estado do Ceará. A barragem fechará o boqueirão existente na região do Km 382 da BR-020, distando cerca de 30 km da sede do município de Caucaia. O reservatório terá sua bacia hidráulica totalmente inclusa no território do referido município.

A Figura 2.1 apresenta a localização do empreendimento a nível estadual e na figura 2.2 no âmbito regional.

Desde Fortaleza o acesso ao sítio do barramento é feito diretamente através da BR-020. Tal rodovia tem seu término no Km 410, ponto de encontro com a Avenida Bezerra de Menezes, e cruza o eixo locado da barragem na região ondulada do Km 382. Portanto o percurso total de Fortaleza até a barragem é de 28 km.

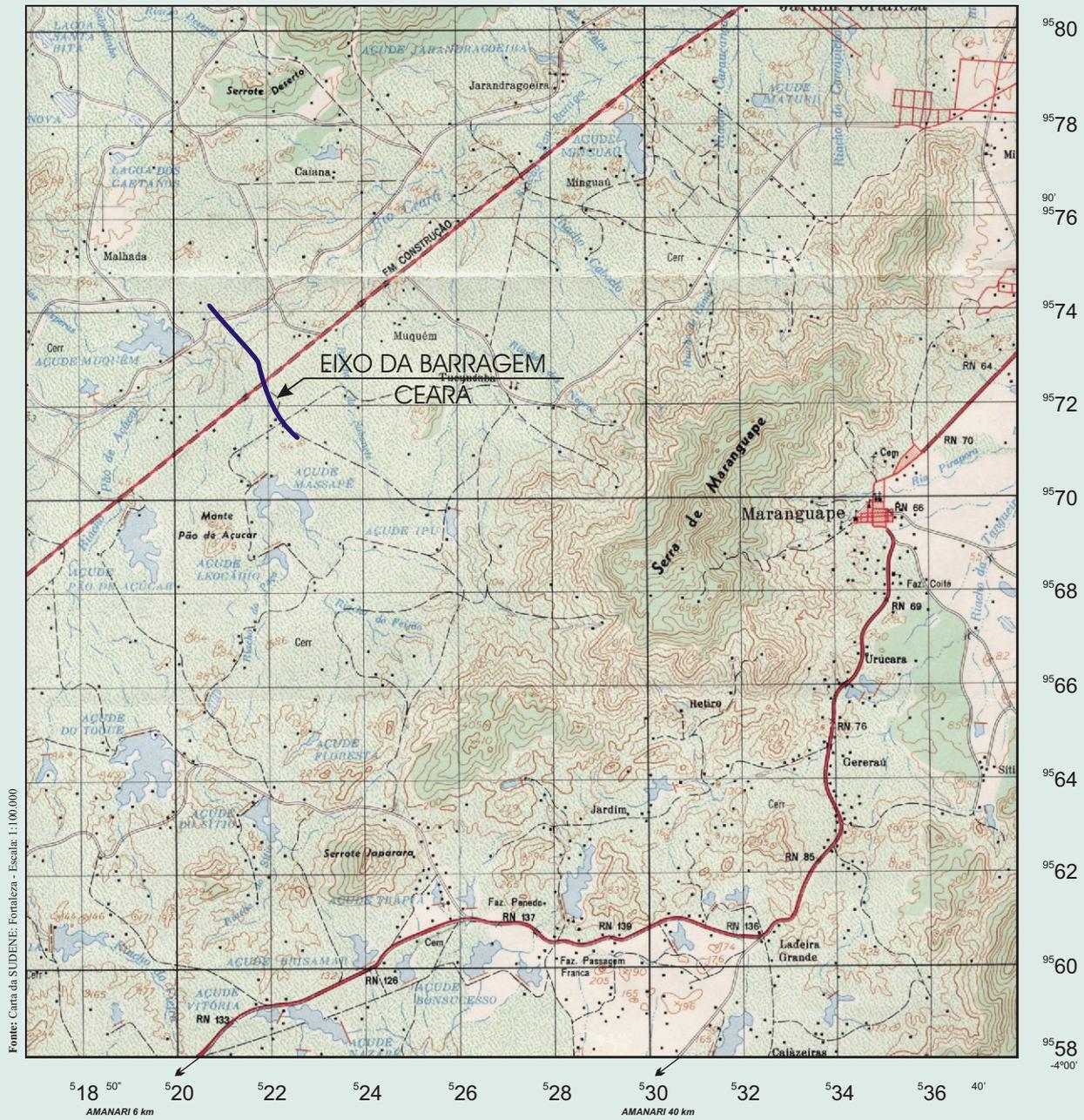
Para se alcançar o eixo da barragem a partir da sede do município de Caucaia toma-se a rodovia de acesso a Fortaleza até a interseção com a Br-020, no km 406, num percurso de 6 km. A partir desse ponto segue-se pela Br-020, no sentido sudoeste, até a região ondulada do Km 382, percorrendo-se mais 24 km. Desta forma o transcurso Caucaia – barragem perfaz 30 km.



Fonte: Atlas do Ceará - IPLANCE.

FIGURA - 2.1
MAPA DE LOCALIZAÇÃO E ACESSO

Figura 2.2
Mapa de Localização da Barragem no âmbito Regional
(Sem Escala)





MONTGOMERY WATSON



3. FICHA TÉCNICA



3. FICHA TÉCNICA

A ficha técnica do Projeto Executivo da Barragem Ceará é apresentada a seguir, mostrando as principais características.

FICHA TÉCNICA DA BARRAGEM CEARÁ	
IDENTIFICAÇÃO	
Denominação:	Barragem Ceará
Estado:	Ceará
Município:	Caucaia
Coordenadas UTM da Estaca 00:	E 521.372,618 ; N 9.574.031,525
Sistema:	Bacias Metropolitanas
Rio Barrado:	Rio Ceará
Proprietário:	Estado do Ceará/SRH
Autor do Projeto:	Consórcio Engesoft/Montgomery
Data do Projeto:	Fevereiro/2003
BACIA HIDROGRÁFICA	
Área:	232,0 km ²
Precipitação Média Anual:	1.392,4 mm
Evaporação Média Anual:	1.469,2 mm
CARACTERÍSTICA DO RESERVATÓRIO	
Área da Bacia Hidráulica (Cota 43,0 m):	1.581,41 ha
Volume Acumulado (Cota 43,0 m):	51,58 hm ³
Volume Afluente Médio Anual:	72,53 hm ³
Volume de Alerta do Reserv. (Cota 38,50 m):	12,21 hm ³
Volume Morto do Reserv. (Cota 36,00 m):	3,53 hm ³
Vazão Regularizada (90%):	1,08 m ³ /s
Vazão Máxima Afluente de Projeto (TR=1.000 anos):	870 m ³ /s
Vazão Máx. de Projeto Amortecida (TR=1.000 anos):	239 m ³ /s
Vazão Máxima Afluente de Verificação (TR=10.000	1.177 m ³ /s

**FICHA TÉCNICA DA BARRAGEM CEARÁ**

anos):	
Vazão Máx. de Verificação Amortecida (TR=10.000 anos):	361 m ³ /s
Nível D'Água Max. Normal:	43,0 m
Nível D'Água Max. Maximorum (TR=1.000 anos):	44,0 m
Nível D'Água Max. Maximorum (TR=10.000 anos):	45,04 m

BARRAGEM PRINCIPAL

Tipo:	Maciço de Terra
Altura Máxima:	18,0 m
Largura do Coroamento:	6,0 m
Extensão pelo Coroamento:	1.450 m
Cota do Coroamento:	46,0 m
Volume de Escavação (Fundação):	98.337 m ³
Volume do Maciço (Maciço e Cut-off):	439.227 m ³
Volume do Enrocamento (Rip-Rap e Rock-Fill):	40.203 m ³
Volume de Transições:	18.571 m ³
Volume de Areia (Filtro e Transições):	22.890 m ³
Volume de Brita para Filtro:	4.673 m ³
Largura Máxima da Base:	82,24 m
Talude de Montante:	1,0 (v) : 2,0 (h) entre cotas 46,0 e 37,0 e 1,0 (v) : 2,5 (h) abaixo da 37,0
Talude de Jusante:	1,0 (v) : 2,0 (h)
Cortina de Injeção (altura variável):	6 a 12m

BARRAGENS AUXILIARES**Barragem Auxiliar - BA-01**

Tipo:	Homogênea de Solo
Altura Máxima:	3,49 m
Largura do Coroamento:	6,00 m
Extensão pelo Coroamento:	234,00 m
Cota do Coroamento:	46,0 m

**FICHA TÉCNICA DA BARRAGEM CEARÁ**

Volume de Escavação (Fundação):	312,0 m ³
Volume do Maciço:	4.171,3 m ³
Volume de Enrocamento:	835,6 m ³
Volume de Transições:	184,6 m ³
Volume de Areia (Filtro e Transições):	33,8 m ³
Largura Máxima da Base	20,73 m
Talude de Montante:	1,0 (v) : 2,0 (h)
Talude de Jusante:	1,0 (v) : 2,0 (h)

Barragem Auxiliar - BA-02

Tipo:	Homogênea de Solo
Altura Máxima:	0,86 m
Largura do Coroamento:	6,00 m
Extensão pelo Coroamento:	86,20 m
Cota do Coroamento:	46,0 m
Volume do Maciço:	246,3 m ³
Volume do Enrocamento:	50,3 m ³
Largura Máxima da Base	10,41 m
Talude de Montante:	1,0 (v) : 2,0 (h)
Talude de Jusante:	1,0 (v) : 2,0 (h)

Barragem Auxiliar - BA-03

Tipo:	Homogênea de Solo
Altura Máxima:	0,66 m
Largura do Coroamento:	6,00 m
Extensão pelo Coroamento:	317,56 m
Cota do Coroamento:	46,0 m
Volume do Maciço:	1.413,0 m ³
Volume de Enrocamento:	278,0 m ³
Volume de Transições:	17,6 m ³
Largura Máxima da Base	13,04 m
Talude de Montante:	1,0 (v) : 2,0 (h)

**FICHA TÉCNICA DA BARRAGEM CEARÁ**

Talude de Jusante:	1,0 (v) : 2,0 (h)
--------------------	-------------------

Barragem Auxiliar - BA-04

Tipo:	Homogênea de Solo
-------	-------------------

Altura Máxima:	0,63 m
----------------	--------

Largura do Coroamento:	6,00 m
------------------------	--------

Extensão pelo Coroamento:	105,20 m
---------------------------	----------

Cota do Coroamento:	46,0 m
---------------------	--------

Volume do Maciço:	193,7 m ³
-------------------	----------------------

Volume de Enrocamento:	28,4 m ³
------------------------	---------------------

Largura Máxima da Base	9,52 m
------------------------	--------

Talude de Montante:	1,0 (v) : 2,0 (h)
---------------------	-------------------

Talude de Jusante:	1,0 (v) : 2,0 (h)
--------------------	-------------------

Barragem Auxiliar - BA-05

Tipo:	Homogênea de Solo
-------	-------------------

Altura Máxima:	1,15 m
----------------	--------

Largura do Coroamento:	6,00 m
------------------------	--------

Extensão pelo Coroamento:	76,90 m
---------------------------	---------

Cota do Coroamento:	46,00 m
---------------------	---------

Volume do Maciço:	273,6 m ³
-------------------	----------------------

Volume de Enrocamento:	42,0 m ³
------------------------	---------------------

Largura Máxima da Base	11,41 m
------------------------	---------

Talude de Montante:	1,0 (v) : 2,0 (h)
---------------------	-------------------

Talude de Jusante:	1,0 (v) : 2,0 (h)
--------------------	-------------------

Barragem Auxiliar - BA-06

Tipo:	Homogênea de Solo
-------	-------------------

Altura Máxima:	2,35 m
----------------	--------

Largura do Coroamento:	6,00 m
------------------------	--------

Extensão pelo Coroamento:	96,70 m
---------------------------	---------

Cota do Coroamento:	46,00 m
---------------------	---------

Volume do Maciço:	1.194,7 m ³
-------------------	------------------------

**FICHA TÉCNICA DA BARRAGEM CEARÁ**

Volume de Enrocamento:	221,0 m ³
Volume de Transições:	39,8 m ³
Largura Máxima da Base	16,35 m
Talude de Montante:	1,0 (v) : 2,0 (h)
Talude de Jusante:	1,0 (v) : 2,0 (h)

Barragem Auxiliar - BA-07

Tipo:	Homogênea de Solo
Altura Máxima:	4,68 m
Largura do Coroamento:	6,00 m
Extensão pelo Coroamento:	767,80 m
Cota do Coroamento:	46,00 m
Volume do Maciço:	25.797,32 m ³
Volume de Enrocamento:	4.625,9 m ³
Volume de Transições:	852,0 m ³
Largura Máxima da Base	25,72 m
Talude de Montante:	1,0 (v) : 2,0 (h)
Talude de Jusante:	1,0 (v) : 2,0 (h)

TOMADA D'ÁGUA

Tipo:	Tubo de Aço ASTM em chapa de 1/4" envolto em galeria de Concreto Armado
Localização:	Ombreira Direita/Estaca 36+10
Número de Condutos:	1 (um)
Diâmetro:	700 mm
Comprimento do Conduto:	52,10 m
Cota da Geratriz Inferior a Montante:	36,0 m
Cota da Geratriz Inferior a Jusante:	36,0 m
Volume de Escavação:	5.837,0 m ³
Volume de Concreto Armado:	180,00 m ³
Volume do Concreto de Regularização:	32,85 m ³

**FICHA TÉCNICA DA BARRAGEM CEARÁ**

Comprimento Total (incluindo entrada e saída):	60,85 m
--	---------

SANGRADOURO

Tipo:	Perfil Creager
-------	----------------

Largura:	120,00 m
----------	----------

Cota de Sangria:	43,0 m
------------------	--------

Vazão Máx. Prevista (TR=1.000 anos):	239 m ³ /s
--------------------------------------	-----------------------

Lâmina Máx. Prevista (TR=1.000 anos):	1,00 m
---------------------------------------	--------

Lâmina Máx Prevista (TR=10.000 anos):	1,31 m
---------------------------------------	--------

Borda Livre:	1,69 m
--------------	--------

Volume Total de Escavação Solo	69.821,0 m ³
--------------------------------	-------------------------

Volume Total de Escavação Rocha	16.910 m ³
---------------------------------	-----------------------

Volume de Concreto do Perfil Creager:	890,4 m ³
---------------------------------------	----------------------

Volume de Concreto dos Muros Laterais:	547,0 m ³
--	----------------------



MONTGOMERY WATSON

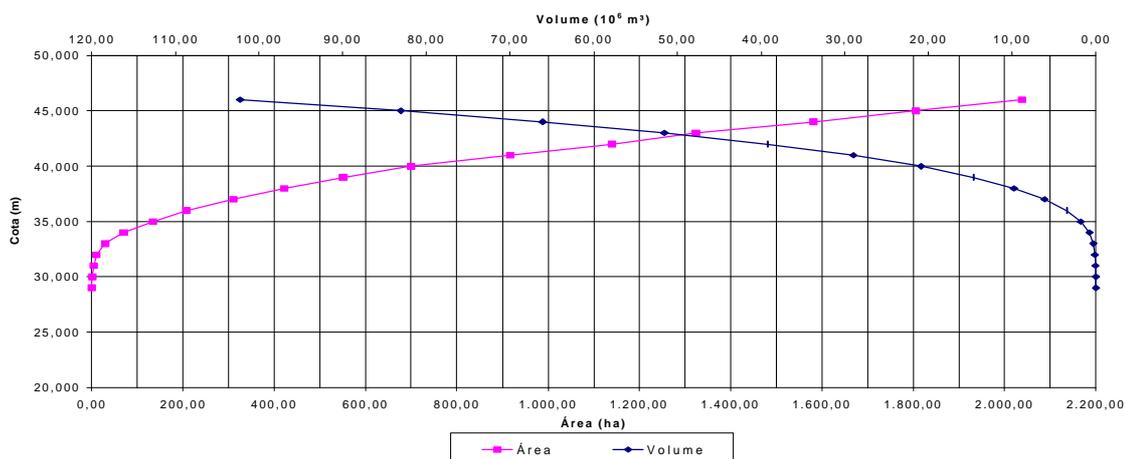


4. CURVA COTA X ÁREA X VOLUME



COTA - ÁREA - VOLUME			
Cota(m)	Área (ha)	Volume (hm ³)	Volume Acum.(hm ³)
29,0	0,00	0,00	0,00
30,0	1,368	0,007	0,007
31,0	4,497	0,029	0,036
32,0	10,324	0,074	0,110
33,0	29,329	0,198	0,308
34,0	69,814	0,496	0,804
35,0	134,176	1,019	1,824
36,0	207,584	1,708	3,533
37,0	310,002	2,587	6,120
38,0	424,03	3,662	9,782
39,0	550,993	4,866	14,649
40,0	699,787	6,253	20,903
41,0	916,973	8,083	28,987
42,0	1139,288	10,281	39,268
43,0	1581,414	12,313	51,582

Diagrama Cota - Área - Volume
Barragem: Ceará





MONTGOMERY WATSON



5. RELAÇÃO DE DESENHOS



5. RELAÇÃO DE DESENHOS

Os desenhos são apresentados na tabela a seguir:

DESCRIÇÃO	NÚMERO
BACIA HIDRÁULICA – CURVA COTA X ÁREA X VOLUME	III-6-01/39-000
PLANTA DE LOCAÇÃO DOS EIXOS DAS OBRAS	III-6-02/39-000
ARRANJO GERAL DAS OBRAS	III-6-03/39-000
PERFIL LONGITUDINAL - BARRAGEM PRINCIPAL E AUXILIARES	III-6-04/39-000
LOCALIZAÇÃO DAS SONDAGENS	III-6-05/39-000
LOCALIZAÇÃO DAS OCORRÊNCIAS	III-6-06/39-000
PERFIL LONGITUDINAL DO SUBSOLO	III-6-07/39-000
SEÇÃO TIPO – BARRAGEM PRINCIPAL E AUXILIARES	III-6-08/39-000
BARRAGEM PRINCIPAL – SEÇÕES TRANSVERSAIS (01 A 07)	III-6-09/39-000
BARRAGEM PRINCIPAL – SEÇÕES TRANSVERSAIS (08 A 10)	III-6-10/39-000
BARRAGEM PRINCIPAL – SEÇÕES TRANSVERSAIS (11 A 13)	III-6-11/39-000
BARRAGEM PRINCIPAL – SEÇÕES TRANSVERSAIS (14 A 16)	III-6-12/39-000
BARRAGEM PRINCIPAL – SEÇÕES TRANSVERSAIS (17 A 19)	III-6-13/39-000
BARRAGEM PRINCIPAL – SEÇÕES TRANSVERSAIS (20 A 22)	III-6-14/39-000
BARRAGEM PRINCIPAL – SEÇÕES TRANSVERSAIS (23 A 25)	III-6-15/39-000
BARRAGEM PRINCIPAL – SEÇÕES TRANSVERSAIS (26 A 28)	III-6-16/39-000
BARRAGEM PRINCIPAL – SEÇÕES TRANSVERSAIS (29 A 31)	III-6-17/39-000
BARRAGEM PRINCIPAL – SEÇÕES TRANSVERSAIS (32 A 38)	III-6-18/39-000
BARRAGEM PRINCIPAL – SEÇÕES TRANSVERSAIS (39 A 46)	III-6-19/39-000
BARRAGEM PRINCIPAL – SEÇÕES TRANSVERSAIS (47 A 51)	III-6-20/39-000
BARRAGEM PRINCIPAL – SEÇÕES TRANSVERSAIS (52 A 59)	III-6-21/39-000
BARRAGEM PRINCIPAL – SEÇÕES TRANSVERSAIS (60 A 72)	III-6-22/39-000
SEÇÕES TRANSVERSAIS BA- 01 E BA-02	III-6-23/39-000
SEÇÕES TRANSVERSAIS BA- 03	III-6-24/39-000
SEÇÕES TRANSVERSAIS BA- 04, BA-05 e BA-06	III-6-25/39-000
SEÇÕES TRANSVERSAIS BA- 07 (24 A a 42 A)	III-6-26/39-000
SEÇÕES TRANSVERSAIS BA- 07 (43 A a 61 A)	III-6-27/39-000



DESCRIÇÃO	NÚMERO
CORTINA DE INJEÇÃO DE CIMENTO	III-6-28/39-000
SANGRADOURO - PLANTA, PERFIL E SEÇÕES	III-6-29/39-000
SANGRADOURO- PLANTAS E SEÇÕES	III-6-30/39-000
SANGRADOURO - ESCAVAÇÃO	III-6-31/39-000
TOMADA D'ÁGUA- ESCAVAÇÃO DO CANAL	III-6-32/39-000
TOMADA D'ÁGUA - PLANTA, CORTES E DETALHES	III-6-33/39-000
TOMADA D'ÁGUA - PROTEÇÃO DA CAIXA JUSANTE	III-6-34/39-000
TOMADA D'ÁGUA - CAIXA DE JUSANTE E MONTANTE	III-6-35/39-000
TOMADA D'ÁGUA - ARMADURA, CAIXA DE MONTANTE E GALERIA	III-6-36/39-000
TOMADA D'ÁGUA - ARMADURA, CAIXA DE JUSANTE	III-6-37/39-000
DRENAGEM SUPERFICIAL	III-6-38/39-000
INSTRUMENTAÇÃO	III-6-39/39-000



MONTGOMERY WATSON



6. DESCRIÇÃO GERAL DO PROJETO DA BARRAGEM



6. DESCRIÇÃO GERAL DO PROJETO DA BARRAGEM

A Barragem Ceará será construída no rio Ceará, que é integrante das bacias Metropolitanas, no município de Caucaia, Ceará.

A Barragem Ceará será composta por um conjunto de obras, constituídas por um maciço principal de seção de terra homogênea, sete barragens auxiliares, por um sangradouro formado por um perfil Creager e uma tomada d'água tipo galeria. A seguir são resumidas as principais características destas obras.

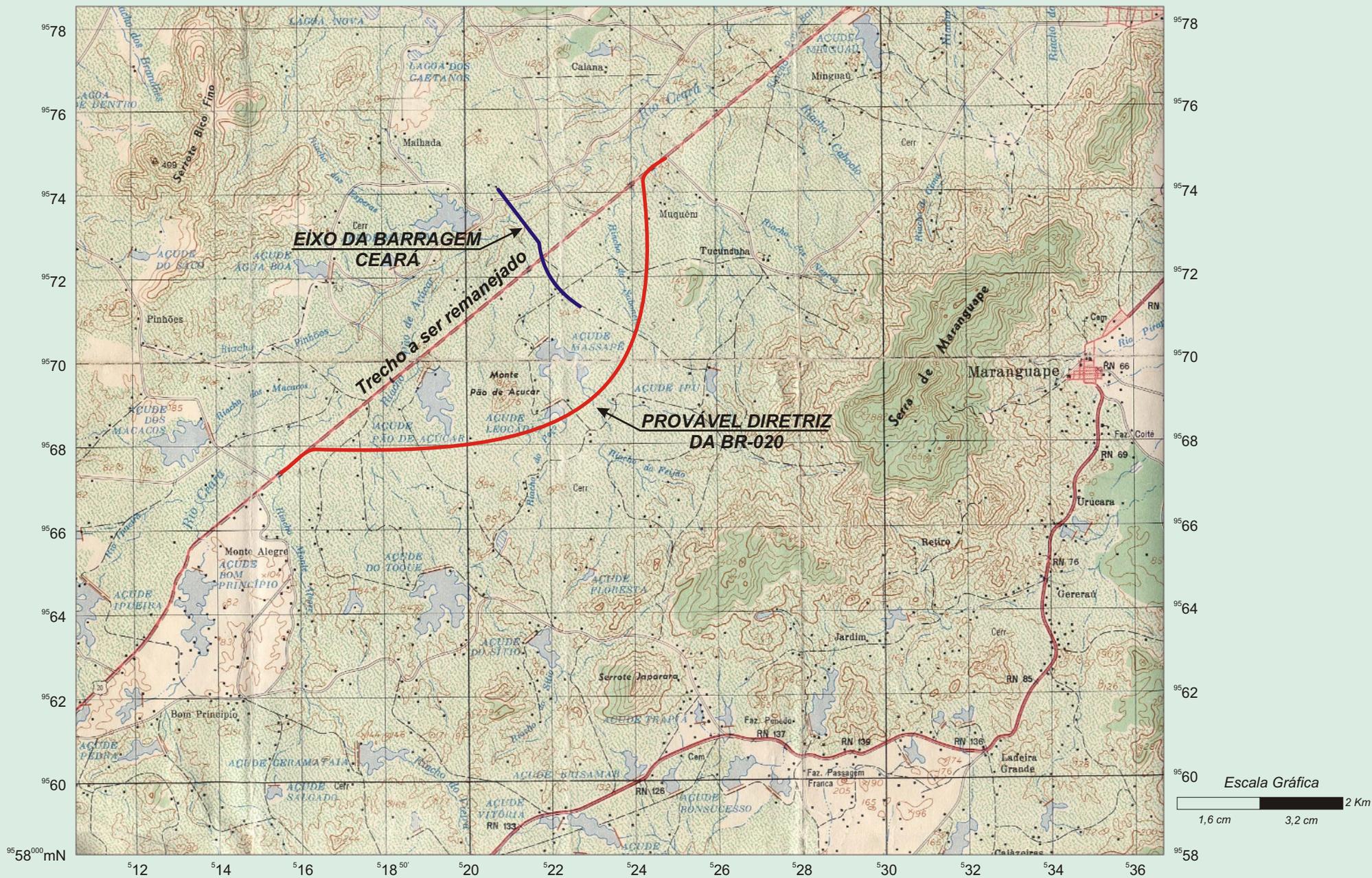
Obra	Extensão (m)	Altura máxima (m)
Barragem Principal	1.431,0	18,0
B. Auxiliar BA- 01	234,0	3,49
B. Auxiliar BA- 02	88,2	0,86
B. Auxiliar BA- 03	317,56	0,66
B. Auxiliar BA- 04	105,2	0,63
B. Auxiliar BA- 05	76,9	1,15
B. Auxiliar BA- 06	96,7	2,35
7B. Auxiliar BA- 07	767,8	4,68
Muro Creager	120,0	3,5
Tomada d'água	60,85	-

A adoção de um reservatório, com base no custo mínimo do volume regularizado, acarretou em um lago que interfere com a BR-020, num trecho de 5 Km. Para o remanejamento da rodovia será necessário um novo traçado, ao sul do atual, que deverá apresentar um desenvolvimento de cerca de 13,0 Km. Na figura 6.1 é apresentada uma possibilidade para a diretriz da rodovia no trecho remanejado.

Para uma primeira ordem de grandeza do custo da mudança de traçado da rodovia, consultou-se outras empresas envolvidas em obras rodoviárias semelhantes e chegou-se ao valor de R\$ 800.000,00 / Km, ou seja, um custo total de cerca de R\$ 10.400.000,00.

Figura 6.1

Mapa de Localização de uma Possível Diretriz para o Remanejamento da BR-020





O lago do reservatório alcançará, em alguns as situações de níveis, os taludes jusantes de dois açudes existentes na bacia, que são: Açude Água Boa e Açude Pão de Açúcar. Para garantir a segurança desse maciços previu-se a construção de proteções, nestes taludes, de enrocamento de pedra, formando uma camada de 0,50m de espessura sobre eles, com topo na cota 44,50m e ascente sobre uma camada de transição de 0,20m de espessura

6.1. MACIÇO DA BARRAGEM

6.1.1. Fundação

A fundação do maciço principal da barragem deverá, via de regra, se dar sobre o terreno natural, após o expurgo superficial. No entanto entre as estacas 7 e 31 o material superficial, constituído de uma argila escura com matéria orgânica, deverá ser removido numa profundidade típica de 2 m, em toda a largura da base mais 6 metros. Entre as estacas 49 e 54 o material superficial, constituído de um solo arenoso fofo, será igualmente removido em cerca de 2 m antes da edificação do maciço.

Para controle dos fluxos através da fundação terrosa do maciço principal indicou-se a execução de uma trincheira de vedação, cut-off, até encontrar o substrato rochoso ou solo residual, no trecho compreendido entre as estacas 2-38 e 41 – 66. A trincheira terá uma seção trapezoidal com a base menor de 6m, taludes de 1:1 até 4 m abaixo da superfície do terreno e 1:1,5 (V:H) abaixo desta profundidade. No nível de mudança dos taludes será executada uma banquetta de 2m de largura, em cada lado. A profundidade máxima esperada para a trincheira é de 8 metros.

No trecho aluvionar não será necessário o rebaixamento do lençol freático caso as fundações sejam escavadas em época seca, como indicado no cronograma para as obras. Na estação das chuvas o lençol poderá ascender até 7 metros acima do ponto mais baixo do substrato rochoso.

6.1.2. Descrição da Seção Tipo

Este item tem a finalidade de descrever com detalhes a seção tipo adotada para a Barragem Ceará que apresenta as seguintes características:



- Cota e Largura da Crista

A cota da crista foi definida tendo como condicionantes o máximo aproveitamento da vazão efluente média anual do rio, a minimização dos custos do elemento de sangria, a redução das desapropriações a jusante da obra com a restituição dos fluxos de sangria o mais diretamente possível ao rio, a preservação de reservas florestais e o menor remanejamento da rodovia federal BR-020.

A cota do sangradouro foi, portanto, definida em 43,00 m, acumulando um volume de 51,52 hm³ e acarretando muna área inundada de 1.324 hectares. O lago atinge uma extensão de 5,2 km da BR-020, como pode ser visto no desenho III-2-01/39-000 do Tomo-2 – “Bacia Hidráulica”. A partir da definição da cota da soleira e das informações hidrológicas sobre as lâminas milenar e decamilenar foi determinada a altura da onda, em função do fetch de 7,28 km, como sendo 1,24 m. A partir daí calculou-se a folga $f = 1,77$ m. Considerando a lâmina da cheia milenar obteve-se a revanche $R = 2,77$ m e daí resultou na cota do coroamento que foi fixada em 46,00 m.

A largura do coroamento foi determinada pela fórmula de Preece e verificou-se que o valor encontrado é ligeiramente inferior a 6,00m. Portanto, foi adotado um coroamento com 6,00 metros de largura. A seção transversal apresenta um caimento de 2% para montante. O coroamento será revestido por um pavimento em pedra tosca, em toda a sua extensão. Nos limites dos bordos serão colocados meios-fios moldados “in situ” com abertura para montante espaçadas de 20,00m em 20,00m.

- Materiais Construtivos do Maciço

Para a execução da barragem foram pesquisadas cinco jazidas de solos J-01 à J-05, que poderão ser empregadas na construção dos maciços das barragens.

Os solos das jazidas J-01, J-03 e J-04 serão utilizados no maciço da barragem principal e nas auxiliares BA-05, BA-06 e BA-07. A jazida J-05 foi programada para ser usada nos maciços das barragens auxiliares BA-01 à BA-04. A jazida J-02 deverá ficar de reserva e ser utilizada apenas remotamente no caso de esgotamento dos volumes das jazidas indicadas. A restrição do seu uso se deve a maior distancia de transporte que acarreta e não pelas suas características geotécnicas.



O material terroso das escavações obrigatórias do sangradouro deverá ser aproveitado em zonas menos nobres do maciço principal.

Além dos materiais terrosos, foram estudados materiais arenosos em três areais e pétreo em três afloramentos, para uso no sistema de drenagem interna e nas zonas de proteção dos paramentos de montante e jusante respectivamente.

6.2. TALUDE DE MONTANTE

O talude de montante foi indicado com inclinação de 1:2,0 (V:H) desde a cota do coroamento até a cota 37,00 m e com inclinação 1 : 2,5 (V:H) abaixo da cota 37, m. Sendo estas inclinações confirmadas através das análises de estabilidade. Foi previsto fazer a proteção do talude de montante com materiais pétreos da seguinte forma: Abaixo da cota 37,00 m será executado uma camada de Brita "A" com 30 cm de espessura. Entre as cotas 37,00 m e 46,00 m será executado um rip-rap com 1,20 m de espessura, sendo que os 90 cm superficiais serão executados com pedras com a granulometria do material a ser empregado no enrocamento de pé. Os 30 cm restantes ficarão em contato com o paramento da barragem, serão executados com Brita "A".

6.3. TALUDE DE JUSANTE

O talude de jusante foi projetado com inclinação de 1:2 (V:H) até a cota 35,00m quando foi previsto o topo do "rock fill", que tem 4,00m de coroamento, sendo 2,00m em solo e 2,00m em enrocamento, talude de jusante de 1:1,5 (V:H) e talude de montante 1:1 (V:H). No entanto, no segmento compreendido entre as estacas 42 + 14,0 e 55 + 13,0, o topo do rock- fill eleva-se para a cota 37,00 m e tem como objetivo proteger o maciço contra possíveis refluxos do canal de sangria.

Para fazer a proteção do talude de jusante foi prevista a colocação de uma camada de 0,30m de espessura de material oriundo de britagem de blocos de rocha.

6.4. FILTRO VERTICAL

Está prevista a execução de um filtro vertical, com topo na cota 44,00 m como parte do sistema de drenagem interna, com 0,80 m de espessura, executado em areia dos areais A-02 e A-03. O areal A-01 funcionará como uma possibilidade a ser chegada quando do início das obras.



Deve-se ressaltar que está previsto o uso de areia vindo do areal A-02 no rio São Gonçalo e do areal A-03 no rio Capitão Mor. No entanto, como a região é submetida a uma exploração comercial intensa é recomendável, antes do início das obras, verificar se os áreas possuem os volumes necessários para a edificação da barragem.

O enquadramento dessa areia na classificação unificada USC mostra que elas são do tipo SP, ou seja, areia mal graduada.

O topo do filtro vertical ficará na cota 44,00 correspondente a cheia milenar porém, só deverá ser executado quando o terreno de fundação da barragem estiver em cota inferior à 40,00 m.

6.5. TAPETE DRENANTE (TIPO SANDUÍCHE)

Para receber as águas do filtro vertical e da fundação está previsto a execução, na barragem principal, de um tapete drenante tipo sanduíche, com 0,90 m de espessura, sendo 0,30 m de brita "A" entre duas camadas de 0,30 m cada de areia grossa dos areais indicados. Nas barragens auxiliares BA-01 e BA-07 o tapete drenante será constituído de uma única camada de areia, com espessura de 0,40 m.

O tapete drenante será executado na barragem principal entre as estacas 3 - 38 e 40+10 - 66, na barragem auxiliar BA-01 entre as estacas 82 - 84 e na auxiliar BA-07 entre estacas 40 A - 56A. Tanto na barragem principal como nas barragens auxiliares o tapete drenante só atinge o pé da barragem na parte central do boqueirão, sendo que nas regiões mais elevadas das ombreiras o tapete não vai até o pé da barragem e drenará as águas no sentido do gradiente da ombreira, ou seja, no sentido paralelo ao eixo. Entre as estacas 3 - 38 e 40+10 - 66 da barragem principal, 82 - 84 da barragem auxiliar BA-01 e entre 44 A - 46 A da auxiliar BA-07, o tapete drenante será pleno e se estenderá até o pé da barragem. As águas que chegarem nessa região vindas das ombreiras e da porção central do maciço principal serão encaminhadas para fora da seção pelo pé da jusante para os pontos mais baixos onde será construído um pequeno medidor de vazão para avaliar as perdas pela fundação e maciço.

6.6. DRENO DE PÉ

Finalmente, concluído os dispositivos de drenagem interna, foi previsto a execução de um dreno de pé do talude de jusante na barragem principal que consiste na execução de



um enrocamento com blocos de pedra obtidos de rocha sã vindo da escavação do sangradouro ou da pedreira P-03.

O enrocamento terá seção trapezoidal com taludes de montante de 1:1 (V:H) e jusante de 1:1,5 (V:H), a cota do coroamento no trecho aluvionar do rio Ceará é de 35,00 m e entre as estacas 42+14 e 55+13 é de 37,00 m. A largura da crista deste, em ambos os casos, é de 4,00 m, sendo 2,00 m em solo e 2,00 m em enrocamento. O enrocamento será executado na barragem principal entre as estacas 5 - 34+10 e 42+10 - 55+10.

No contato do enrocamento com a barragem e do enrocamento com a fundação foi previsto a execução de uma camada de transição formada de areia e brita. A areia virá dos rios Cahuipe, São Gonçalo e Capitão Mor e terá 0,50 m de espessura. A brita será obtida da britagem de rocha sã vinda da exploração das pedreiras P-01 e/ou P-03.

6.7. INSTRUMENTAÇÃO

O projeto de instrumentação foi desenvolvido com as seguintes finalidades:

Verificar as pressões neutras nas fundações e corpo da barragem;

Verificação dos deslocamentos da barragem;

Verificação do nível d'água no reservatório.

Para verificação das pressões neutra na fundação da barragem e no corpo da barragem foi previsto a instalação de piezômetros tipo Casagrande em duas seções, sendo situadas nas estacas 12 e 20. Serão colocados 7 piezômetros na primeira seção e seis na segunda.

A verificação do deslocamento da barragem será feito colocando cinco marcos superficiais amarrados a marcos de referência para medidas de deslocamento horizontal e vertical. Os marcos superficiais serão colocados no coroamento da barragem nas estacas 09, 12, 36+10, 41 e 51. Os marcos fixos, em número mínimo de três, serão escolhidos no campo em locais seguros e indeslocáveis e deverão ser amarrados ao sistema de coordenadas da obra.

A verificação do nível do reservatório será feita colocando-se réguas limnimétricas com 1,0m de comprimento, no padrão adotado pela Cogerh.



A primeira régua terá o zero na cota 36,0 m. Está previsto a colocação de dez régua no talude de montante. As régua serão colocadas na estaca 20.

6.8. SANGRADOURO

No eixo implantado em campo reservou-se o local da ombreira direita entre as estacas 72+10 e 78+10 para a edificação do sangradouro.

Foram executadas três sondagens mista SM-4, SM-5 e SM-6, respectivamente nas estacas 71, 74 e 77+10. A sondagem SM-4 apresentou 2,0 m de solo residual e encontrou uma rocha que foi classificada como Granito muito macio a muito duro, apresentando nos dois primeiros metros uma rocha com RQD=0,0% e altamente intemperizada, sem competência portanto para servir como canal escavado do sangradouro. A rocha mais competente estaria abaixo da cota 41,95. A sondagem SM-5 apresentou 2,81 m de solo residual quando então é encontrada uma rocha granítica muito macia, com RQD variando entre zero e 70% e medianamente intemperizada. A partir da cota 40,70 m a rocha passa a apresentar-se muito dura, com RQD entre 60 e 100% e apenas ligeiramente alterada. A sondagem SM-6 apresentou 3,47 m de solo residual e em seguida uma rocha granítica, moderadamente dura a muito dura, entre ligeiramente e medianamente alterada, com RQD elevado, principalmente a partir dos 6 m. Pelo grau de intemperismo apresentado pela rocha nesta última sondagem verificou-se que a rocha mais resistente ocorre a partir da cota 39,80 m.

Foram executados, complementarmente, 2 furos de sondagem a percussão.

Examinando os perfis dessas sondagens observa-se que as sondagens mista mostraram, na pior situação, que a rocha de boa qualidade ocorre a partir da cota 40,0 m. Portanto, projetou-se um muro em perfil Creager com 120 m de extensão, assente na cota 39,50 e com soleira na cota 43,0 m, antecedido por um canal de aproximação escavado na cota 42,00m e prosseguido por um canal de jusante escavado na cota 40,0 m.

Com 120,00 m de largura e vazão milenar efluente de 239 m³/s a lâmina sobre o muro Creager será de 1,0 m.

Lateralmente indicou-se muros de contenção com altura variável de 2 a 6,70 m e extensão de 25,65 m, cada.

Com essa geometria a escavação total do canal será de 86.731 m³ sendo 69.821 m³ em solo e 16.910 m³ em rocha.



6.9. TOMADA D'ÁGUA

A tomada d'água será implantada na estaca 36+10,00. Ela consistirá de um tubo de aço ASTM-36 produzido com chapas de 1/4" no diâmetro de $\phi=700\text{mm}$. A tubulação será envolvida por uma estrutura de concreto armado. A extensão da tubulação é de 52,1 m. O eixo da galeria ficará na cota 36,35 m. O dimensionamento foi feito de forma que na cota 38,50 m, nível do volume de alerta, a galeria retire uma vazão de $0,93\text{m}^3/\text{s}$.

A barragem na cota do volume de alerta estará acumulando um volume de $12,21\text{ m}^3$, correspondente a 23,7%.

Está previsto a execução de duas caixas, uma de montante que terá uma grade de ferro e local para colocação de chapa stop- log e a outra em jusante que terá três células. A primeira acomodará uma válvula borboleta e um registro de gaveta. A segunda terá um anteparo para dissipar o excesso de energia cinética. A terceira será um tanque tranquilizador que terá na saída um sangradouro triangular para medição de vazão.

As caixas serão construídas em concreto armado.

As peças especiais, válvula borboleta e registro de gaveta, serão todos de fabricação BARBARÁ ou similar com as seguintes referências:

VÁLVULA BORBOLETA: válvula com flange série AWWA com diâmetro $\phi=700\text{mm}$ com corpo e disco em FoFo com acionamento manual através de mecanismo de redução através de volante.

REGISTRO DE GAVETA: o registro de gaveta será com flanges com cunha de borracha, de corpo longo, com face a face igual ao das válvulas série métrica oval classe PN 10 com diâmetro de $\phi=700\text{mm}$ e acionamento do tipo direto.

Os tubos serão de aço ASMT-36 produzidos de chapas de 1/4". Os tubos receberão flanges nos encontros com as peças de ferro fundido.

A galeria será operada normalmente na válvula borboleta ajustando a vazão no medidor de vazão.



MONTGOMERY WATSON



7. RESUMO DOS INVESTIMENTOS



7. RESUMO DO INVESTIMENTO

A Barragem Ceará envolverá a aplicação de **R\$ 15.607.002,55** (Quinze milhões, seiscentos e sete mil e dois reais e cinquenta e cinco centavos), conforme mostram os custos resumidos a seguir.

ITEM	DISCRIMINAÇÃO	TOTAIS R\$
1	ADMINISTRAÇÃO E FISCALIZAÇÃO	42.643,84
2	SERVIÇOS PRELIMINARES	5.230.553,02
3	BARRAGEM	8.004.894,60
4	TRATAMENTO DA FUNDAÇÃO	1.251.820,00
5	SANGRADOURO	872.108,94
6	TOMADA D'ÁGUA	204.982,15
TOTAL GERAL		15.607.002,55

Consórcio



MONTGOMERY WATSON

