



Dezembro de 2002

**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

BARRAGEM JOÃO GUERRA VOLUME I - ESTUDOS BÁSICOS Tomo 1 - Relatório Geral



MONTGOMERY WATSON





MONTGOMERY WATSON



ÍNDICE

**ÍNDICE**

	Páginas
ÍNDICE	1
1. APRESENTAÇÃO	4
2. ESTUDOS TOPOGRÁFICOS	8
2.1. <i>Trabalhos Cartográficos</i>	9
2.2. <i>Transporte de Coordenadas</i>	11
2.3. <i>Transporte de Cota</i>	11
2.4. <i>Levantamento do Eixo Barrável e Sangradouro</i>	12
2.4.1. <i>Locação dos eixos e Implantação de Marcos</i>	12
2.4.2. <i>Nivelamento</i>	13
2.4.3. <i>Levantamento de Seções Transversais</i>	13
2.4.4. <i>Levantamento do Canal de Restituição</i>	13
2.5. <i>Levantamento da Bacia Hidráulica</i>	14
2.5.1. <i>Trabalhos Executados</i>	15
2.5.2. <i>Cobertura Aerofotogramétrica</i>	15
2.5.3. <i>Apoio Básico</i>	17
2.5.3. <i>Aerotriangulação</i>	18
2.5.4. <i>Restituição Fotogramétrica</i>	19
2.5.5. <i>Produtos Entregue</i>	19
2.6. <i>Levantamento de Jazidas</i>	20
2.6.1 <i>Jazidas</i>	20
2.6.2. <i>Areal</i>	21
2.6.3. <i>Pedreiras</i>	21
3. ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS	22
3.1. <i>Geologia Regional</i>	23
3.2. <i>Geologia Local</i>	27
3.3. <i>Levantamento Geológico de Superfície</i>	27
3.4. <i>Investigação no local do Barramento</i>	29
3.4.1. <i>Sondagens Realizadas</i>	29
3.4.2. <i>Sondagens a Percussão</i>	30
3.4.3. <i>Sondagens Mistas</i>	33
3.4.4. <i>Ensaio de Campo</i>	33
3.5. <i>Investigação do Sangradouro</i>	34
3.5.1. <i>Sondagens Realizadas</i>	34
3.6. <i>Estudo dos Materiais Construtivos</i>	37
3.6.1 <i>Jazida de Solos</i>	39



3.6.2. Areal	46
3.6.4. Pedreira	47
4. ESTUDOS HIDROLÓGICOS.....	49
4.1. <i>Ficha Hidrológica</i>	50
4.2. <i>Caracterização da Bacia Hidrográfica</i>	52
4.3. <i>Caracterização Climática</i>	56
4.4. <i>Estudos de Chuvas Intensas</i>	58
4.4.1. <i>Chuvas Máximas Diárias</i>	58
4.4.2. <i>Chuvas Intensas</i>	58
Pa/Po = [1 - 0,20.log(A/Ao)].....	59
Pa - Precipitação na área da bacia	59
Pa/Po = [1-0,20.log(121/25)]= 0,86	59
4.5. <i>Estudo de Deflúvios</i>	61
4.6. <i>Estudo Das Cheias De Projeto</i>	65
4.7. <i>Disponibilidade Hídrica do Reservatório</i>	67
5. CONCLUSÕES DECORRENTES DOS ESTUDOS BÁSICOS.....	69



MONTGOMERY WATSON



1. APRESENTAÇÃO



INTRODUÇÃO

O consórcio **Montgomery- Watson/ Engesoft** (Consórcio) e a **Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará** (SRH-CE) celebraram o contrato nº 02/PROGERIRH-PILOTO/CE/SRH 2001, que tem como objetivo o Estudo de Alternativas, Eias/ Rimas, 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 Aduadoras de Madalena, Lagoa do Mato, Alto Santo e Amontada.

A ordem de serviço foi emitida em 05 de março de 2001 e imediatamente as equipes do Consórcio iniciaram as atividades previstas no cronograma aprovado.

O presente relatório, denominado **Tomo 1 - Relatório Geral**, é parte integrante do **Volume 1- Estudos Básicos** e diz respeito à **Barragem João Guerra**, a qual tem por finalidade a criação de um reservatório no riacho Treme, integrante da bacia do rio Jaguaribe , para o abastecimento da população da sede do distrito de Lagoa do Mato, no municipal de Madalena, Ceará..

O Tomo 1 apresenta um relato sintético de todas as atividades desenvolvidas nos Estudos Básicos relativas aos estudos topográficos, cartográficos, geológicos, geotécnicos e hidrológicos desenvolvidos para subsidiar o projeto executivo da barragem João Guerra.

O volume 1 - Estudos Básicos é composto dos seguintes tomos:

- Tomo 1 – Relatório Geral
- Tomo 2 – Estudos Hidrológicos
- Tomo 3 – Estudos Cartográficos – Textos
- Tomo 3 A – Estudos Cartográficos – Desenhos
- Tomo 3 B – Estudos Cartográficos – Memória de Cálculos
- Tomo 3 C – Estudos Cartográficos – Cadernetas de Campo
- Tomo 4 – Geologia e Geotecnia – Textos
- Tomo 4 A – Geologia e Geotecnia – Anexos

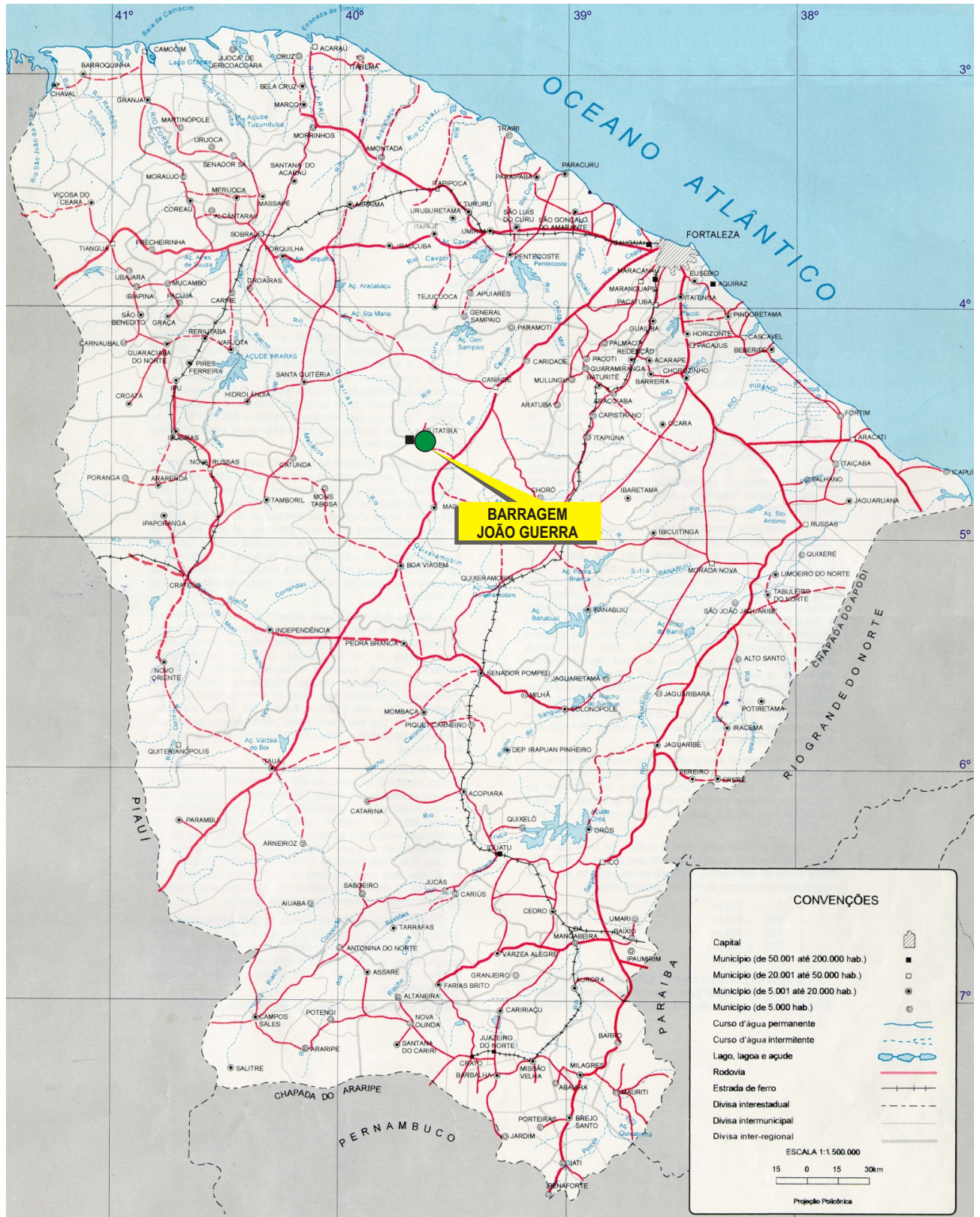


1. LOCALIZAÇÃO E ACESSO

O eixo selecionado para a barragem João Guerra situa-se na região central do estado, na microregião geográfica denominada Canindé, barrando o riacho Treme, a cerca de 0,50 km a jusante do encontro dos riachos Santa Rosa e São Joaquim, parte integrante da bacia do rio Banabuiu. O local do eixo dista cerca de 3 km a jusante da área urbana do distrito de Lagoa do Mato, no município de Itatira. Na ombreira esquerda foi implantado um marco nas coordenadas E 428.649 e N 9.484.944.

A partir de Fortaleza, o acesso ao eixo da barragem é feito pela rodovia federal BR-020 até próximo do Km 170, onde tomando-se a rodovia estadual pavimentada CE-366 percorre-se em direção NW cerca de 23 km, ou seja 3 km antes da sede de Lagoa do Mato, onde toma-se uma estrada vicinal de terra em direção NE. Nesta estrada vicinal percorre-se aproximadamente 1 km para alcançar o eixo na sua ombreira direita, cruzando-se antes o leito do riacho Treme. O percurso total desde Fortaleza é , portanto, de 155 km.

No mapa da figura 1.1 é apresentado, no âmbito do estado, o local selecionado para localizar o barramento



Fonte: Atlas do Ceará - IPLANCE.

FIGURA - 1.1
MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA BARRAGEM



MONTGOMERY WATSON



2. ESTUDOS TOPOGRÁFICOS



2. ESTUDOS TOPOGRÁFICOS

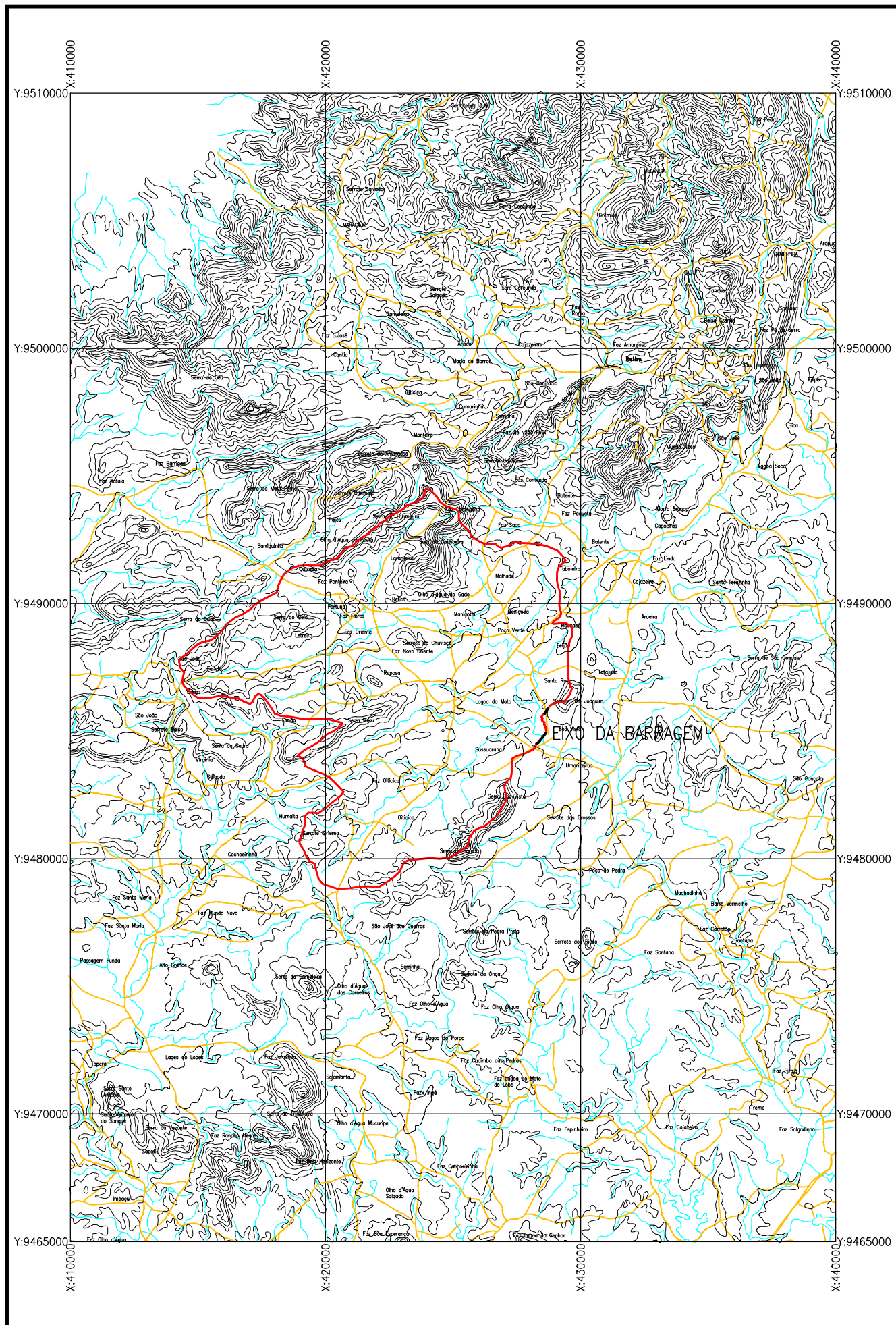
2.1. TRABALHOS CARTOGRÁFICOS

Os estudos cartográficos foram desenvolvidos basicamente a partir de cartas da SUDENE digitalizadas em escala 1 : 100.000 e com curvas de nível a cada 40 metros; sobre as quais foi definida a localização do barramento e delimitada a área da bacia hidrográfica.

As cartas topográficas utilizadas foram:

- Itatira: nº SB-24-V-B-V

O contorno da bacia hidrográfica da barragem João Guerra, que abrange uma área de 134,26 km², está apresentado na figura 2.1 a seguir, em escala bastante reduzida, e no desenho I-3A-01/07-000, **do Tomo 3A**, com maiores detalhes.



MONTGOMERY WATSON



BARRAGEM JOÃO GUERRA

ESCALA:

1:200.000

DATA:

JAN./2002

FIGURA N° :

2.1



2.2. TRANSPORTE DE COORDENADAS

Adotando-se o sistema de levantamento com GPS (Sistema de Posicionamento Global), foram determinadas as coordenadas dos marcos M-1 na estaca 00 e M-3 na estaca 30+7,20, no eixo da barragem João Guerra e das estacas 03 e 13+10,00 do eixo do sangradouro, a partir do *Datum* SAD-69. Estes pontos foram locados um em relação ao outro, usando o próprio GPS, para a verificação da precisão obtida.

O quadro a seguir apresenta as coordenadas UTM, longitude e latitude geodésica dos pontos levantados.

Ponto	Estaca	Coordenadas UTM (m)		Longitude Geodésica	Latitude Geodésica
		Este	Norte		
EIXO DA BARRAGEM					
Marco M-1	00	428.649,044	9.484.943,941	39°38'35,91339"WGr	4°39'34,05693"S
Marco M-3	30+7,2	428.257,460	9.484.488,519	39°38'48,63647"WGr	4°39'48,87657"S
EIXO DO SANGRADOURO					
Estaca 03	03	428.604,102	9.485.713,722	39°38'37,34917"WGr	4°39'08,98705"S
Est. 13+10	13+10,0	428.715,716	9.485.889,423	39°38'33,72162"WGr	4°39'03,26843"S

No **Tomo 3B** - *Estudos Cartográficos - Memória de Cálculo* encontram-se os cálculos realizados para o transporte de coordenadas.

2.3. TRANSPORTE DE COTA

O transporte de cota foi realizado por meio de irradiação taqueométrica, tendo sido utilizado para esse trabalho um GPS, juntamente com uma Estação Total, modelo Nikon - DTM-400.

Tomou-se como base a RN nº 1898 T do IBGE, cravada na calçada do Templo da Congregação Cristã do Brasil no distrito de Lagoa do Mato, nas coordenadas N = 9.486,1 km e E = 424,6 km e cota 418,3717 m.

A caderneta com o transporte de cota realizado na barragem João Guerra, encontra-se no **Tomo 3C** - *Estudos Cartográficos - Cadernetas de Campo*.



2.4. LEVANTAMENTO DO EIXO BARRÁVEL E SANGRADOURO

O eixo da barragem João Guerra foi locado em um boqueirão com características topográficas favoráveis, onde o sangradouro foi definido e estudado em uma sela topográfica situada à esquerda, a cerca de 1,0 km da estaca 00 do eixo da barragem.

Os levantamentos topográficos do eixo da barragem e sangradouro, foram executados através de irradiação taqueométrica, pelo método de coordenadas com identificação dos eixos: Este, Norte, elevação e descrição dos pontos identificados. Os serviços realizados foram: locação; implantação de marcos para futura relocação; nivelamento e levantamento de seções transversais.

2.4.1. Locação dos eixos e Implantação de Marcos

Utilizando-se GPS e a Estação descrita anteriormente, locou-se o eixo da barragem e sangradouro, o qual foi materializado a cada 20 metros por pontos estaqueados e numerados, sendo também indicados através de estacas inteiras ou fracionadas todos os pontos notáveis tais como: talvegues, estradas, afloramentos rochosos, rede elétrica, elevações, mudanças bruscas de inclinação do terreno entre outros.

O eixo da barragem parte da estaca 00, localizada na ombreira esquerda, onde implantou-se o marco de concreto M-1. Para uma melhor locação do eixo se fez necessária uma única deflexão de $52^{\circ}11'$ à *direita* na estaca 24, onde está instalado o marco M-2, seguindo daí até a estaca final 30+7,20, onde o marco M-3 foi implantado, totalizando uma extensão de 607,20 metros.

Já o eixo do sangradouro possui estaqueamento em sentido invertido, isto é, o estaqueamento cresce da direita para a esquerda, partindo da estaca 00 e finalizando na estaca 13+10,00, perfazendo um total de 270,00 metros de extensão.

O quadro a seguir apresenta a relação dos marcos implantados.



Marco	Estaca	Coordenadas UTM (m)	
		Este	Norte
M-1	00	428.649	9.484.944
M-2	24	428.359	9.484.568
M-3	30+7,20	428.259	9.484.491

O desenho I-3A-02/07-000 no **Tomo 3A**, apresenta a planta baixa com o eixo locado, e a caderneta de locação encontra-se no **Tomo 3C** - Estudos Cartográficos - Cadernetas de Campo.

2.4.2. Nivelamento

O levantamento altimétrico da barragem João Guerra e o seu respectivo sangradouro, foi realizado utilizando-se GPS e Estação Total, onde foram niveladas todas as estacas do eixo materializado. A partir deste levantamento, gerou-se o perfil longitudinal do terreno natural no eixo da barragem e do sangradouro, os quais encontram-se apresentados no desenho I-3A-03/07-000, **Tomo 3A**.

2.4.3. Levantamento de Seções Transversais

Foram levantadas seções transversais ao eixo da barragem e do sangradouro a cada 20 metros abrangendo uma faixa de domínio com largura de 150 metros à montante e à jusante, e se constituíram de pontos cotados a cada 20 metros, considerando também os pontos de destaque do relevo topográfico.

O desenho I-3A-02/07-000 no **Tomo 3A**, apresenta a planta baixa do eixo da barragem João Guerra e o seu respectivo sangradouro, com curvas de nível do terreno natural a cada metro, geradas a partir do levantamento topográfico.

2.4.4. Levantamento do Canal de Restituição

Assim como o eixo barrável e sangradouro, o canal de restituição da barragem João Guerra, foi levantado plani-altimetricamente através do processo de irradiação taqueométrica, pelo método de coordenadas com identificação dos



eixos: Este, Norte, elevação e descrição dos pontos identificados. Os serviços topográficos executados no canal de restituição, foram os seguintes: locação; nivelamento e levantamento de seções transversais.

a) Locação

Locou-se o canal de restituição utilizando-se GPS e Estação Total, o qual foi estaqueado e numerado a cada 50 metros, sendo também indicados através de estacas inteiras ou fracionadas todos os pontos notáveis do relevo.

A partir da estaca 08 do eixo do sangradouro, foi locada a poligonal do canal de restituição com 1.850 metros de extensão, acompanhando o talvegue à jusante que conduzirá o caudal de sangria até o riacho Treme, como pode ser observado no desenho I-3A-02/07-000, do **Tomo 3A**.

b) Nivelamento e Seções Transversais

Utilizando-se o mesmo equipamento citado no item anterior, realizou-se o levantamento altimétrico da poligonal do canal de restituição, através de seccionamento a cada 50 metros, com 100 metros de largura para cada lado, com pontos cotados a cada 20 metros. A partir desse levantamento foi elaborada uma planta baixa com curvas de nível do terreno natural a cada metro, que se encontra apresentada no **Tomo 3A**, desenho I-3A-02/07-000.

No **Tomo 3C – Estudos Cartográficos – Cadernetas de Campo** encontram-se as cadernetas do levantamento da poligonal do canal de restituição.

2.5. LEVANTAMENTO DA BACIA HIDRÁULICA

Para a execução dos serviços plani-altimétricos na área da bacia hidráulica da barragem João Guerra, no município de Itatira, o consórcio firmou contrato com a empresa BASE Aerofotogrametria e Projetos S.A., tendo como objetivo a execução de serviços de engenharia cartográfica, compreendendo cobertura aerofotogramétrica colorida na escala 1:15.000, totalizando 19 km² e mapas digitais na escala 1:5.000, da bacia hidráulica que totalizaram 7,74 km².



Os serviços foram desenvolvidos de acordo com as normas de aerolevantamentos vigentes.

2.5.1. Trabalhos Executados

Apresentamos abaixo a relação das fases dos trabalhos executados neste projeto:

- Cobertura Aerofotogramétrica;
- Apoio de campo;
- Aerotriangulação;
- Restituição digital em escala 1:5.000;
- Geração de arquivos magnéticos.

2.5.2. Cobertura Aerofotogramétrica

Após a concessão da autorização do ministério da defesa iniciaram-se os trabalhos da cobertura aerofotogramétrica os quais apresentamos a seguir.

a) Plano de Vôo

Foi executado um plano de vôo indicando o centro de cada tomada de foto, utilizando o software TPLAN, e a câmara aérea RMK-TOP obedecendo às seguintes especificações:

- Recobrimento lateral: $30\% \pm 3\%$;
- Recobrimento longitudinal: $60\% \pm 3\%$;
- Ângulo solar: mínimo de 300 para regiões planas e 350 para regiões montanhosas;
- Ângulo de deriva: média por faixa, tolerância de 20, casos isolados 50;



- Verticalidade do eixo ótico: média por faixa, tolerância de 20, casos isolados 30;
- Altitude do vôo: a escala da fotografia em função da altura de vôo, não deverá variar mais que 5% do estabelecido.

b) Recobrimento Aerofotogramétrico

A cobertura aerofotogramétrica foi realizada com aeronave especialmente adaptada à tomada de fotografias aéreas, equipada com piloto automático e equipamento rastreador de satélites do sistema NAVSTAR – GPS, para a orientação do vôo, equipada com câmara aerofotogramétrica automática, grande angular e distância focal calibrada, próxima de 152 milímetros e formato útil de 23x23 centímetros.

A câmara foi equipada com controlador automático de recobrimento e deriva, com mecanismo de integração com GPS de navegação e com chassis com suspensão giro-estabilizada. Esta possui Certificado de Calibração, fornecido pelo fabricante, realizado a um ano.

O filme aéreo utilizado foi base estável (poliéster), pancromático, colorido, alto poder resolutivo (no mínimo 125 linhas por milímetros) com, no mínimo, 0,004 polegadas de espessura e dentro do período de validade estipulado pelo fabricante.

c) Dados que constam nas fotos

- Escala da foto;
- Número da faixa;
- Número da foto;
- Nome do local;
- Coordenadas do centro das fotos no momento da tomada;
- Distância focal calibrada da câmara; e



- Marcas fiduciais.

d) Laboratório

O processamento do filme aéreo e de todos os seus subprodutos foi realizado em laboratório, com condições de temperatura e umidade relativa controladas.

As cópias fotográficas foram executadas em copiadoras eletrônicas, utilizando papel fotográfico, semi-mate com graduação que permitiu bom contraste.

e) Foto-índice

Para a confecção do foto-índice digital, as fotografias foram escanerizadas e montadas em faixas e estas em blocos, e, em seguida, reproduzidas em escala 4 (quatro) vezes menor que a escala original das fotos, em papel Semi Gloss, enquadradas por coordenadas geográficas, através de cruzetas desenhadas nos 4 (quatro) cantos de cada folha.

Dados contidos no Foto-índice:

- Número de cada exposição que o compõem;
- Números das faixas;
- Escala da foto;
- Escala do Foto-índice.

2.5.3. Apoio Básico

Na Barragem João Guerra foram implantados 02 vértices, monumentalizados por marcos de concreto de formato tronco piramidal medindo 10x12x50 cm, com chapa de bronze no centro do topo e elevado a 10 cm do solo. De cada marco foi elaborada uma monografia que se encontra no **Tomo 3B** - *Estudos Cartográficos - Memória de Cálculo*.

Para a determinação das coordenadas de cada vértice da rede de apoio básico da Barragem João Guerra tivemos na planimetria origem no V. GROSSO (BICO FINO) do IBGE de latitude 04°38'48,71811" S e longitude 39°25'46,65631" W e



altitude de 482,00 m, e chegada no Vértice BARRA do IBGE de latitude $04^{\circ}31'43,19058''$ S e longitude $39^{\circ}23'55,08873''$ e altitude de 566,53 m.

Foram implantados os vértices M-01 A a M-02 A e sua determinação foi executada pelo método diferencial estático com rastreamento em tempo suficiente para resolver a ambigüidade com constelação mínima de 05 (cinco) satélites e PDOP de 06 (seis) ou menor, a fim de garantir uma precisão mínima de 1:100.000.

As medições foram feitas com GPS Trimble 4600LS de uma frequência com duração de rastreio de 1 hora.

Os vértices implantados foram nivelados geometricamente tendo como origem a RN 1678 P e a chegada RN 1678 U ambas do IBGE.

No apoio suplementar foram determinados 10 pontos plani-altimétricos denominados de HV-01 a HV-10.

A determinação foi executada pelo método diferencial estático com rastreamento em tempo suficiente para resolver a ambigüidade com constelação mínima de 05 (cinco) satélites e PDOP de 06 (seis) ou menor, a fim de garantir uma precisão mínima de 1:50.000.

As medições foram feitas com GPS Trimble 4600LS de uma frequência com duração de rastreio de 0,30 hora.

A altimetria do apoio suplementar teve suas altitudes ortométricas determinadas por diferença geoidal definidas através do rastreio de duas RRNN do IBGE, as quais deram altitude aos pontos do apoio suplementar.

2.5.3. Aerotriangulação

As imagens para a geração dos trabalhos foram obtidas a partir da scanerização dos negativos fotogramétricos na escala de 1:15.000, com utilização de “scanner fotogramétrico” com capacidade de geração de imagens digitais com “pixel” de 28 microns.



aerotriangulação espacial foi executada em equipamentos digitais ISM dotados de programa específico para o cálculo e ajustamento da mesma utilizando a escanerização executada.

No cálculo da aerotriangulação foi utilizado o programa PAT-B do professor Ackermann.

Considerando a importância da aerotriangulação na precisão do produto final, os procedimentos foram rigorosamente controlados.

2.5.4. Restituição Fotogramétrica

Para a vetorização dos elementos cartográficos a seguir discriminados, foram utilizados restituidores digitais dotados de programa específico.

Elementos Cartográficos representados:

- Sistema hidrográfico;
- Altimetria;
- Referências de nível.

A altimetria foi definida até a cota 382 mais 100 metros, para maior segurança dos dados do projeto, perfazendo um total de 7,44 km² de área restituída.

Todos os trabalhos seguiram as INSTRUÇÕES REGULADORAS DAS NORMAS TÉCNICAS DA CARTOGRAFIA NACIONAL, atendendo ao padrão de PEC estabelecido a esse tipo de trabalho.

2.5.5. Produtos Entregue

Serão entregue a SRH/CE os seguintes produtos a respeito do levantamento aerofotogramétrico da bacia da barragem João Guerra:

- Uma coleção de aerofotos na escala do vôo, 27 fotos;
- Um foto índice na escala de 1:60.000;



- Monografias dos vértices implantados;
- 01 coleção de CD-ROM, contendo 16 fotos aéreas em formato digital;
- 01 coleção de arquivos digitais, em formato DWG-3D na escala 1:5.000, com hidrografia e altimetria. A impressão destes arquivos encontram-se nos desenhos de I-3A-04/07-000 até I-3A-14/07-000, do **Tomo 3A**, acordo com o quadro a seguir:

Articulação	Desenho do Tomo 3A
JG - 01	I-3A-04/07-000
JG - 02	I-3A-05/07-000
JG - 03	I-3A-06/07-000

2.6. LEVANTAMENTO DE JAZIDAS

As áreas das ocorrências de materiais construtivos para execução da barragem João Guerra, foram amarradas a partir do eixo barrável, com a utilização de GPS e uma Estação Total, Nikon - DTM-400. As ocorrências objeto do levantamento planimétrico foram: quatro Jazidas de material terroso; Areal; e Pedreira.

2.6.1 Jazidas

Foram estudadas quatro jazidas de solo para a construção do maciço da barragem. Inicialmente locou-se a poligonal de amarração das jazidas J-1, J-2, J-3 e J-4, em relação ao eixo barrável, em seguida, através de uma linha base auxiliar, todos os poços escavados para investigação geotécnica das jazidas foram locados, numerados e amarrados.

O quadro a seguir apresenta a quantidade de furos e a área levantada de cada jazida, do primeiro furo locado ao eixo barrável.

Local	Quantidade de Furos	Área (ha)
Jazida J-1	148	28,75
Jazida J-2	11	1,25
Jazida J-3	64	11,25
Jazida J-4	50	9,00



No **Tomo 3A**, desenho I-3A-07/07-000, apresenta a localização das jazidas.

2.6.2. Areal

Para execução do filtro de areia e fonte de fornecimento de agregado miúdo para concretos da barragem João Guerra, foram realizadas investigações geotécnicas por meio de poços à pá e picareta, ao longo do areal dos riachos Treme e Santa Rosa. O quadro a seguir apresenta as coordenadas destes poços.

Furo	Coordenadas UTM (m)	
	Este	Norte
01	428.281	9.484.899
02	428.124	9.485.004
03	428.197	9.485.125
04	428.217	9.485.268
05	428.153	9.485.371
06	428.213	9.485.480
07	428.241	9.485.605
08	428.232	9.485.730
09	428.266	9.485.849
10	428.289	9.485.975
11	428.332	9.486.089
12	428.267	9.486.198
13	428.156	9.486.252
14	428.041	9.486.220

No **Tomo 3A** - *Estudos Cartográficos - Desenhos*, pode-se observar a localização do areal, apresentada no desenho I-3A-12/12-000.

2.6.3. Pedreiras

O material pétreo necessário para a construção da barragem, será extraído das escavações obrigatórias do sangradouro, e caso seja necessário a complementação dos volumes, indica-se a elevação na ombreira direita do próprio sangradouro, onde ocorrem rochas sãs do tipo biotita-xisto.



MONTGOMERY WATSON



3. ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS



3. ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS

3.1. GEOLOGIA REGIONAL

A descrição da Geologia Regional foi feita com base em pesquisa de trabalhos realizados anteriormente, tendo como fonte o Mapa Geológico do Estado do Ceará, em escala 1:500.000, elaborado em 1983, e o Projeto Fortaleza, através do convênio DNPM/CPRM, em 1981.

No âmbito regional as rochas existentes na área fazem parte de uma associação metamórfica que forma um complexo cristalino de idade Pré-cambriana, onde ocorrem gnaisses migmatíticos, xistos, quartzitos, granitos, calcários cristalinos, anfibolitos e pegmatitos, estratigraficamente não individualizados. Nos leitos dos rios e riachos ocorrem os depósitos aluvionares de idade quaternária, formados por areias e siltes areno-argilosos.

A unidade dominante da região é o Complexo Caicó, no qual se inserem todas as litologias citadas, sendo um elemento de destaque neste contexto a jazida fósforo-uranífera de Itataia, que é composta de um espesso pacote constituído por silimanita-granada-biotita-gnaisses, com ou sem anfibolitos e calcários cristalinos (mármore), apresentando uma estruturação de dobramentos e falhamentos bastante complexa que resultou em um processo metassomático de mineralização que constitui a associação de urânio e fósforo, tendo como rocha hospedeira o colofanito.

Outras unidades também ocorrem regionalmente como:

Rochas Plutônicas Granulares: essa unidade inclui as rochas com características texturais, petrográficas e estruturais semelhantes às rochas formadas na profundidade. São divididas em granitóides e gabróides.

Complexo Tamboril/Santa Quitéria: essa unidade compreende litologias como gnaisses migmatíticos (com estruturas flebítica, estromática e oftálmica), migmatitos (com estrutura “schlieren”,



nebulitos e anateixitos, dominantes) e granitóides variados. Os contatos com as rochas do Complexo Caicó podem ser transicionais, tectônicos ou eventualmente bruscos.

Complexo Independência: Essa unidade é formada por uma associação litológica onde estão incluídas sequências de biotita-gnaisses, gnaisses leucocráticos, hornblenda-biotita-gnaisses granadíferos, além de quartzitos e gnaisses migmatíticos.

Grupo Ceará: esta unidade ocorre a sudoeste de Itatira, próximo à localidade de Águas Belas. É constituída de uma sequência ectinítica, começando com um quartzito basal, geralmente formando cristas alongadas, sobrepondo-se xistos granadíferos e gnaisses. No topo da sequência, geralmente ocupando os eixos das sinclinais, ocorre horizonte carbonático.

Diques Ácidos: esta unidade não mapeável em escala regional, reúne rochas filoneanas como granitos, pegmatitos, veios de quartzo e sílica cripto-cristalina. Estes corpos tabulares ocorrem geralmente preenchendo fraturas, concordantes ou não com a estruturação regional.

Constituindo as unidade do Cenozóico estão presentes os diques básicos pós-cretáceos e as aluviões, do Quaternário:

Diques Básicos: são representados por diques de diabásio, com direção aproximada E-W.

Aluviões: representam os sedimentos arenosos inconsolidados depositados no leito e nas margens dos principais rios e riachos.

A feição estrutural que se destaca regionalmente é formada por um par cisalhante através de um ângulo formado entre as falhas transcorrentes do Rio Groaíras e Sabonete-Inharé, ambas de movimento levógiro, e a falha de



empurrão que constitui a Serra do Céu. A falha do Rio Groaíras possui direção segundo NW-SE, com rejeito à esquerda e se estende por mais de 150Km.

Na Fig. nº 3.1 é mostrada a geologia regional da área compreendida entre as seguintes coordenadas geográficas: Meridianos – 39° 30' a 40° 00' de longitude oeste e Paralelos 4° 00' a 5° 00' de latitude sul, compilada do Mapa Geológico do Estado do Ceará, em escala 1:500.000, elaborado em 1983.



GEOLOGIA REGIONAL

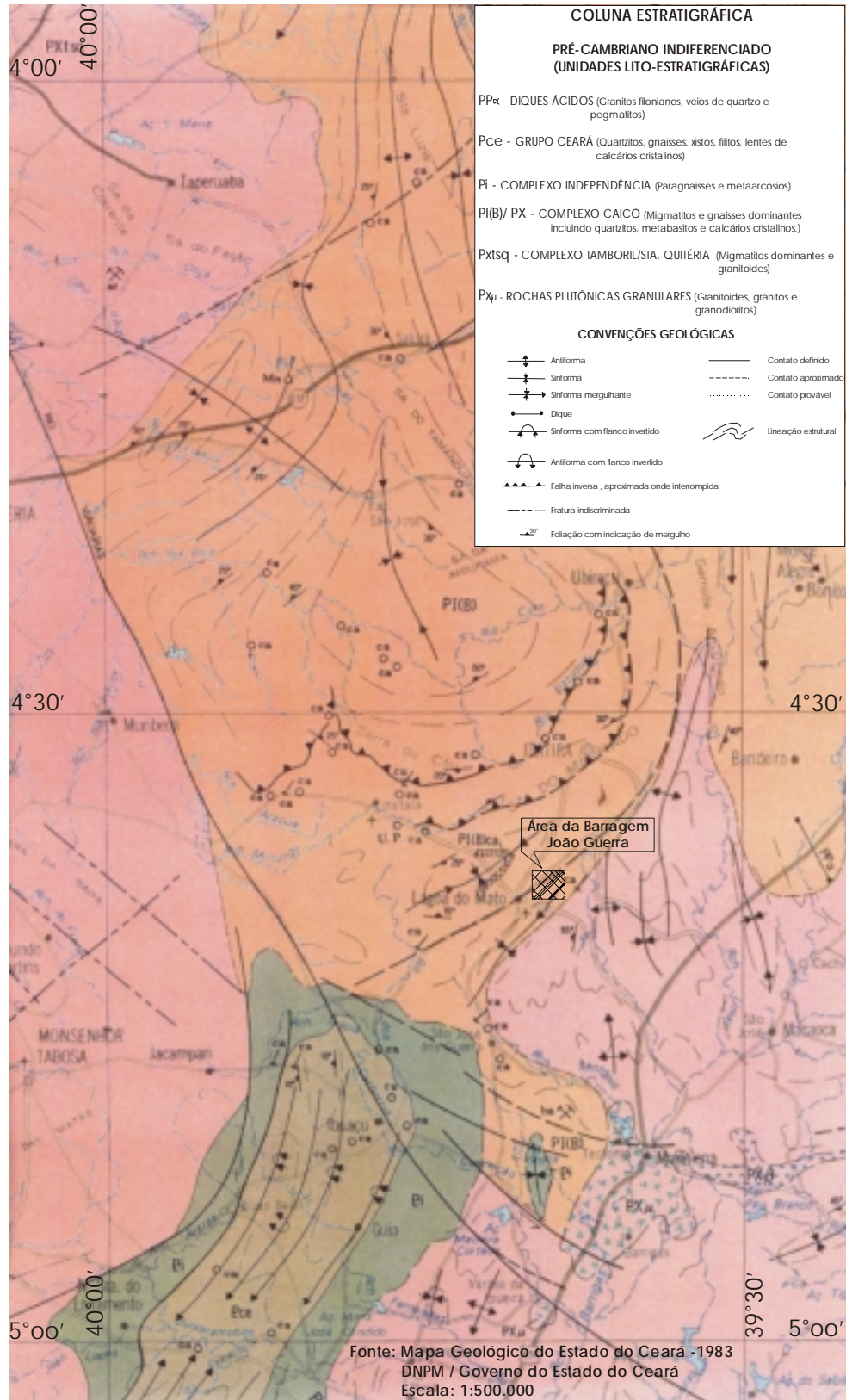


Fig. Nº 3.1 - Geologia Regional



3.2. GEOLOGIA LOCAL

A área estudada fica localizada no Município de Itatira, próximo à localidade de Lagoa do Mato.

A geologia local foi definida a partir de interpretação de fotografias aerofotogramétricas em escala 1:15.000, reforçada pela visita de campo em que foram feitos os caminhamentos ao longo dos eixos da barragem e do sangradouro e reconhecimento da bacia hidráulica, com utilização de bússola e GPS de mão.

A litologia é quase totalmente representada por rochas cristalinas Pré-Cambrianas, classificadas no Complexo Caicó e, muitas vezes recortada por veios de quartzo e rochas pegmatíticas que formam os diques ácidos. Há uma predominância de rochas gnáissicas e de biotita-xistos, que apresentam foliação bem definida e muitas vezes mostram estruturas migmatizadas. A foliação predominante dessas rochas se dá segundo NW-SE, com mergulho suave (em média 30°) para NE, ocorrendo localmente algumas variações. No local da barragem foram visualizadas ocorrências de gnaisses migmatíticos, biotita-xistos, quartzitos, anfibolitos e veios pegmatíticos, bem como a presença de aluvião no leito e margens do riacho Treme. Na bacia hidráulica, além das ocorrências já mencionadas, há também a presença de afloramentos de granitos que constituem a unidade de rochas plutônicas granulares.

3.3. LEVANTAMENTO GEOLÓGICO DE SUPERFÍCIE

O levantamento geológico de superfície foi realizado no campo com o objetivo de identificar as unidades litológicas presentes, definindo seus contatos litológicos.

Ao longo do eixo locado, abrangendo uma faixa de 150m para montante e 150m para jusante foram estudadas as ocorrências e mapeados os principais afloramentos contendo rocha em superfície. Nesses afloramentos, bem como nos de menor expressão, foram tiradas medidas de atitudes predominantes dos



gnaisse e biotita-xistos segundo a direção NW-SE, com mergulho suave, ora para NE, ora para SW. A partir de 318 direções de fraturas medidas nas rochas aflorantes, foi elaborado o Diagrama de Roseta para definição da direção preferencial média percentual que se dá segundo NE-SW, concentrando-se principalmente entre N50°Az a N60°Az, representando um percentual de 20,5% do total medido e entre N60°Az a N70°Az, representando 18,5%. O mergulho se dá preferencialmente sub-vertical (60° a 80°) para SE.

Ao longo do eixo foram identificadas as seqüentes litologias:

- Da estaca **00 a 3 + 10,00m**: nesta área, estendendo-se para montante e para jusante, há uma grande alternância de afloramentos de quartzito e biotita-gnaissse, com predominância do quartzito, que em alguns locais também se confunde com a estrutura xistosa.
- Da estaca **3+10,00m a 9+10,00m**: As ocorrências de biotita-xisto passam a predominar nessa área, principalmente para jusante e estendendo-se para montante numa faixa paralela ao eixo da barragem de 40m de largura, fazendo contato com o biotita-gnaissse. A área situada à jusante é escassa em afloramentos, apresentando uma cobertura de solo argilo-arenoso resultante da alteração da rocha, formando um relevo suavemente ondulado, recortado em alguns locais por veios de pegmatito com muito feldspato -
- Da estaca **9+10,00m a 11+5,00m**: A faixa de aluvião formada pelo rio no eixo da barragem não ultrapassa a largura de 40 metros de uma margem para outra. No leito do rio a areia possui granulometria fina a média, com pedregulhos e cascalhos e presença de mica; nas margens ocorre silte areno-argiloso de granulometria fina e cor cinza clara.
- Da estaca **11+5,00m a 15+10,00m**: A partir da margem direita do rio o terreno apresenta uma topografia mais suave, com ausência de



afloramentos, apresentando um solo silto-arenoso de coloração amarelada, provavelmente de alteração de gnaiss.

- Da **estaca 15+10,00m a 20+5,00m**: Nessa faixa o terreno mantém ainda uma topografia plana e o solo muda as características, se tornando mais argiloso com coloração mais escura, podendo ser originário de uma rocha anfíbolítica ou de um mica-xisto associado a anfíbolito, formando uma extensa faixa encaixada no gnaiss, se estendendo de montante para jusante perpendicularmente ao eixo da barragem
- Da estaca **20+5,00m a 30**: Há nessa área o domínio dos gnaisses migmatíticos, com a maior parte dos afloramentos ocorrendo para jusante. Entre as 23 a 25, no eixo, corre um grande afloramento que se destaca na topografia.

Na bacia hidráulica os percursos foram feitos de carro de passeio pelos acessos disponíveis na área, com utilização de GPS de mão para a anotação dos pontos visitados. Foram visualizadas ocorrências de gnaisses, biotita-xistos, quartzitos e granitos, sempre recortados por veios de quartzo e pegmatitos, além de lentes de anfíbolitos. Bem próximo e à montante da barragem há duas ocorrências de calcário cristalino, que foram mapeadas e indicadas no mapa geológico da bacia hidráulica, constantes do **Tomo 4- Geologia e Geotecnia- Textos**.

3.4. INVESTIGAÇÃO NO LOCAL DO BARRAMENTO

3.4.1. Sondagens Realizadas

As investigações geotécnicas realizadas no local do maciço da barragem objetivaram a identificação e compreensão das características e peculiaridades do solo de fundação e do substrato rochoso deste sítio, visando a concepção de um maciço tecnicamente adequado e seguro além, de economicamente viável.

Para concretização deste objetivo foram realizadas 17 prospeções mecânicas, sendo 8 sondagens à percussão e 9 sondagens mistas (iniciada por processo



percussivo e prosseguida com sonda rotativa), nas posições indicadas na figura nº 3.2, apresentada a seguir. As sondagens percussivas perfizeram um total de 37,40 m e as mistas um total de 143,21 m, sendo estas últimas realizadas por processo percussivo em 46,80 m e por processo rotativo em 96,41 m.

Com o intuito de avaliar a permeabilidade dos solos da fundação e obter informações qualitativas sobre a circulação de água através das fissuras do substrato rochoso, foram realizados ensaios de campo em todos os furos das sondagens mistas do eixo. No trecho em solo, estes testes consistiram de ensaios de infiltração de carga e vazão constante e de carga variável (Lefranc) e, no trecho perfurado com sonda rotativa, de ensaios de perda d'água sob pressão (Lugeon). Os resultados destas sondagens e ensaios de campo são apresentados nos desenhos do **Tomo 4 A**, sob forma de perfis individuais do subsolo no local de cada furo.

3.4.2. Sondagens a Percussão

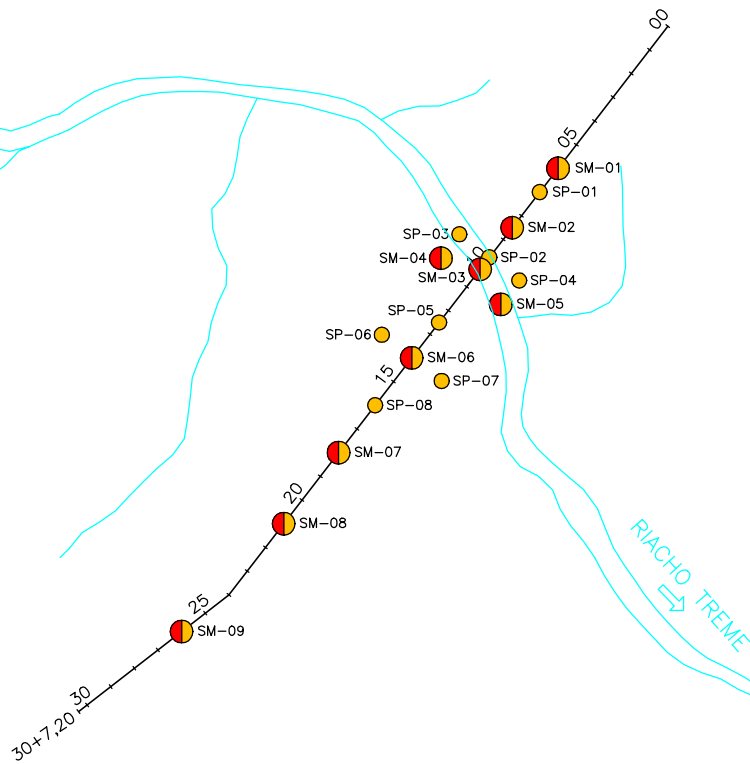
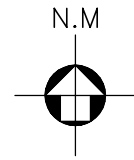
Nas sondagens a percussão foram empregados dois processos para avanço do furo, iniciando-se com um trado concha de 4" e prosseguindo-se até alcançar o nível d'água ou tornar-se inoperante diante da consistência ou compacidade do material encontrado. A partir destas condições o furo foi revestido e passou-se então ao processo de perfuração com circulação de água, usando-se o trépano de lavagem como ferramenta de escavação e a remoção do material escavado através da água de lavagem. Ao ser encontrado material resistente ao avanço pelo processo de circulação de água o furo foi interrompido.

Na Tabela Nº 3.1, a seguir, são relacionadas as sondagens percussivas, suas referências plani-altimétricas, as extensões investigadas, o menor valor de SPT registrado ao longo da sondagem e sua correspondente compacidade ou consistência.

**Tabela N °3.1: Investigação Geotécnica no Eixo da Barragem João Guerra
Sondagem Percussiva**

Nº	Estaca	Coordenadas (UTM)		Cota (m)	Extensão Sondada	SPT Mínimo	Compacidade ou Consistência Mínima
		Este (X)	Norte (Y)				
SP-1	7 (eixo)	428.561	9.484.831	373,67	3,27	5	Pouco compacta
SP-2	9+15 (eixo)	428.527	9.484.787	363,01	3,85	1	Fofa
SP-3	9+15 (25m para montante)	428.507	9.484.803	362,17	5,75	1	Fofa
SP-4	9+15 (25 m para jusante)	428.547	9.484.772	363,21	1,73	2	Fofa
SP-5	12+10,00 (eixo)	428.494	9.484.745	364,23	6,20	3	Fofa
SP-6	14 (25m para montante)	428.456	9.484.736	367,00	8,05	7	Pouco compacto
SP-7	14 (25m para jusante)	428.495	9.484.706	363,63	5,94	17	Medianamente compacta
SP-8	16 (eixo)	428.541	9.484.690	368,09	2,61	14	Medianamente compacta

INVESTIGAÇÃO NO BARRAMENTO



MONTGOMERY WATSON



BARRAGEM JOÃO GUERRA

ESCALA:

1:5.000

DATA:

JAN./2002

FIGURA N° :

3.2



3.4.3. Sondagens Mistas

Na Tabela Nº 3.2, a seguir, são relacionadas as sondagens mistas, informadas suas referências plani-altimétricas, as extensões investigadas por processo percussivo e rotativo, e a descrição da rocha predominante.

Tabela Nº 3.2: Investigação Geotécnica no Eixo da Barragem João Guerra								
Sondagem Mista								
Nº	Estaca	Coordenadas (UTM)		Cota (m)	Extensão (m)		SPT Min.	Rocha Predominante
		Este (X)	Norte (Y)		Percussão	Rotativa		
SM-1	6 (eixo)	428.573	9.484.846	376,85	3,24	6,01	12	Gnaisse muito macia a moder. dura, foliada
SM-2	8+10 (eixo)	428.542	9.484.807	367,12	10,04	12,91	21	Gnaisse muito macia a muito dura, foliada
SM-3	10+5 (eixo)	428.515	9.484.772	363,97	5,81	15,00	4	Gnaisse moder. dura a muito dura, foliada
SM-4	10+15 (25 m Mont.)	428.495	9.484.787	364,03	6,78	15,02	3	Gnaisse macia a muito dura, foliada e mica-xisto muito dura
SM-5	10+15 (25 m Jusante)	428.535	9.484.756	360,46	3,82	15,00	2	Gnaisse mod. dura a muito dura, foliada e biotita-xisto
SM-6	14 (eixo)	428.476	9.484.721	364,78	5,89	12,01	2	Biotita- xisto macia a muito dura, xistosa e gnaisse dura
SM-7	18 (eixo)	428.427	9.484.659	369,39	4,85	6,00	12	Biotita- xisto moder. dura a muito dura, xistosa
SM-8	21 (eixo)	428.391	9.484.612	367,91	4,92	8,41	16	Gnaisse muito dura, gran. fina, foliada
SM-9	26 (eixo)	428.323	9.484.541	378,32	1,45	6,05	38	Biotita- xisto muito macia a muito dura, xistosa

3.4.4. Ensaio de Campo

Nas sondagens mistas, trecho em solo, SM-1 a SM-9, foram executados ensaios de infiltração do tipo Lefranc, para a determinação do coeficiente de permeabilidade “*in situ*” do substrato terroso. Os ensaios de permeabilidade em solos foram executados conforme as orientações para a sua execução no campo



preconizadas no Boletim N° 04 (junho de 1996) pela ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia. O número de ensaios e a permeabilidade máxima (cm/s) encontradas por furo são relacionadas na Tabela nº 3.3.

Nas sondagens mistas, trecho em rocha, SM-1 a SM-9, foram executados ensaios de perda de água sob pressão (Ensaio Lugeon), para a determinação quantitativa sobre a circulação de água através das fissuras do substrato rochoso. Os ensaios de perda d'água Lugeon foram executados conforme as orientações preconizadas no Boletim N° 02 da ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia. O número de ensaios e a perda específica máxima encontrada por furo são relacionadas na Tabela nº 3.3

Tabela N° 3.3: Investigação Geotécnica no Eixo da Barragem João Guerra							
Ensaio De Campo							
N°	Estaca	Extensão Sondada	N° de Ensaio Lefranc	N ° de Ensaio Lugeon	Máxima Permeab. Registrada (cm/s)	Máxima Perda d'água Específica Registrada	Profundidade de máxima Permeab. / Perda D'água
SM-1	6 (eixo)	9,25	-	2		13,16	/9,20 a 12,20
SM-2	8+10 (eixo)	22,95	-	4		1,13	/11,0 a 13,95
SM-3	10+5 (eixo)	20,81	5	5	1,2x10E-4	5,72	4,00 a 4,50 /11,87 a 14,81
SM-4	10+15 (25 m Mont.)	21,80	6	5	2,1x10E-4	4,46	1,00 a 1,50 /6,80 a 9,80
SM-5	10+15 (25 m Jusante)	18,82	3	5	1,6x10E-2	1,50	1,00 a 1,50 /12,82 a 15,82
SM-6	14 (eixo)	17,90	3	4	1,5x10E-4	15,81	1,50 a 2,00 /5,90 a 8,90
SM-7	18 (eixo)	10,85	4	2	1,8x10E-3	1,59	2,00 a 2,50 /7,85 a 10,85
SM-8	21 (eixo)	13,33	4	3	1,2x10E-1	1,47	3,00 a 3,50 /7,92 a 10,92
SM-9	26 (eixo)	7,50	1	2	3,8x10E-4	0	1,00 a 1,50

Perda D'água em l/min/m/atm

3.5. INVESTIGAÇÃO DO SANGRADOURO

3.5.1. Sondagens Realizadas

Os estudos geotécnicos no local do sangradouro foram realizados com a finalidade de fazer a identificação e caracterização do subsolo, inclusive,



avaliando a capacidade do material rochoso de resistir aos processos erosivos provocados pelas descargas previstas.

Para este fim foram realizados 8 furos de sondagens mistas (iniciado por percussiva e prosseguido com sonda rotativa) e 1 furo de sondagem percussiva, nas posições indicadas na figura nº 3.3, apresentada a seguir.

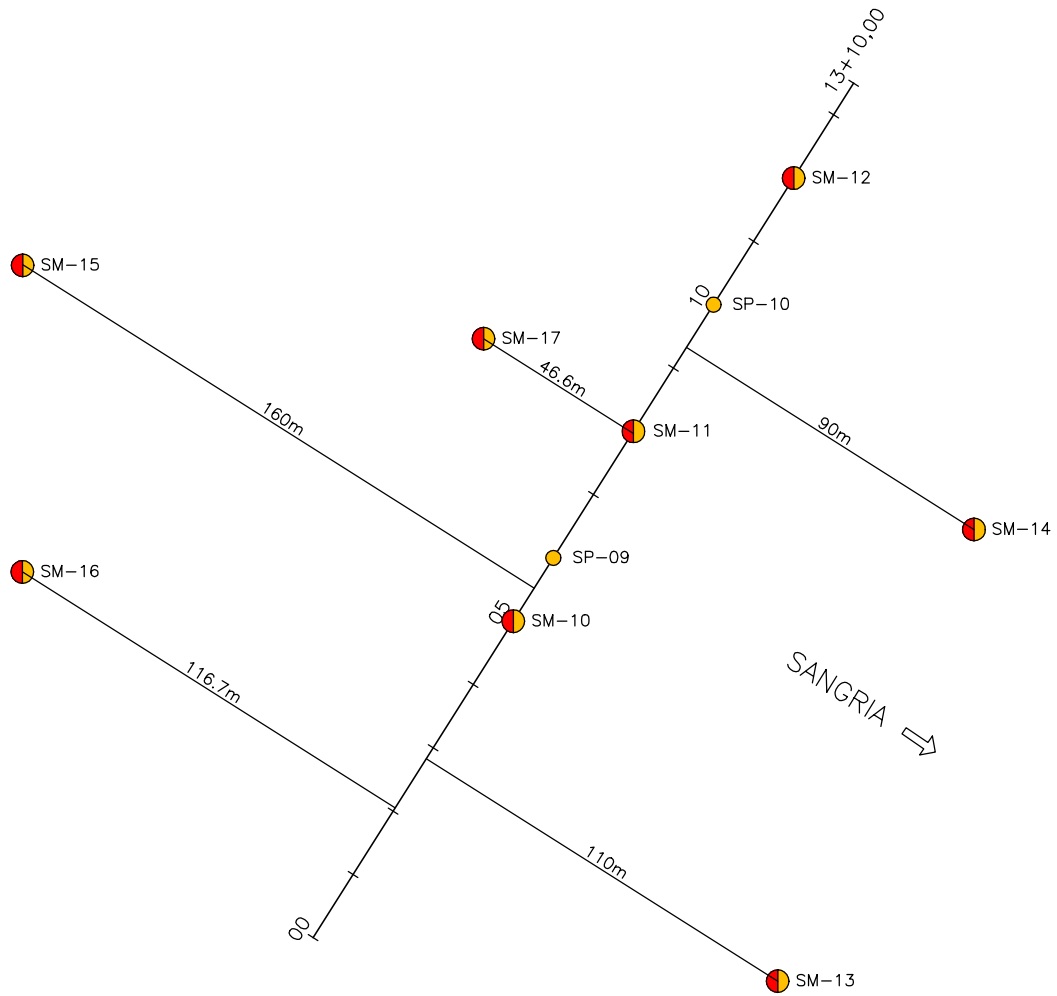
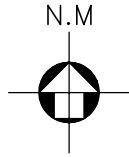
As sondagens mistas realizadas na área do sangradouro totalizam 19,25m de perfurações percussivas e 48,62 m de perfurações rotativas e a única sondagem percussiva alcançou 1,80 m.

Os resultados destas sondagens são apresentados, também, nos desenhos do **Tomo 4 A**, sob forma de perfis individuais do subsolo no local de cada furo.

Na Tabela Nº 3.4, a seguir, é mostrada a relação das sondagens mistas realizadas no local do sangradouro.

Tabela Nº 3.4: Investigação Geotécnica da Barragem João Guerra								
Sondagens Mistas no Sangradouro								
Nº	Estaca	Coordenadas (UTM)		Cota (m)	Extensão (m)		Rocha Predominante	Grau de intemperismo
		Este (X)	Norte (Y)		Percus	Rotat.		
SM-10	5 (eixo)	428.622	9.485.747	378,39	0,50	6,01	Biotita-Xisto, moder. dura a muito dura, gr. fino, xistosa	Sã
SM-11	8 (eixo)	428.654	9.485.798	375,42	4,60	5,94	Biotita-Xisto, muito dura, gr. fino, xistosa	Sã
SM-12	12 (eixo)	428.697	9.485.865	375,91	0,90	6,04	Biotita-Xisto, muito dura, gr. fino, xistosa	Sã
SM-13	2+16,4 (110 m Jusante)	428.692	9.485.651	373,15	6,80	6,09	Gnaisse, foliada e Biotita-Xisto, xistosa moder. a muito dura,	Ligeiramente a moderadam. intemperizada
SM-14	9+6,40 (90m Jusante)	428.593	9.485.868	378,06	0,90	6,20	Biotita-Xisto, dura a muito dura, gr. fino, xistosa	Sã
SM-15	5+10,30 (160 m Montante)	428.493	9.485.842	377,83	3,30	6,15	Biotita-Xisto, moder. dura a muito dura, gr. fino, xistosa	Ligeiramente intemperizada a sã
SM-16	2+1 (116,7 m Montante)	428.492	9.485.759	377,49	0,95	6,09	Biotita-Xisto, muito dura, gr. fino, xistosa	Sã
SM-17	7+19,3 (46,6 m Montante)	428.615	9.485.822	374,39	1,30	6,10	Biotita-Xisto, muito dura, gr. fino, xistosa	Sã

INVESTIGAÇÃO NO SANGRADOURO



MONTGOMERY WATSON



BARRAGEM JOÃO GUERRA

ESCALA:

1:2.000

DATA:

JAN./2002

FIGURA N° :

3.3



Na tabela 3.5 é apresentada as características da sondagem percussiva realizada na região do sangradouro.

Tabela Nº 3.5: Investigação Geotécnica da Barragem João Guerra Sondagem Percussiva no Sangradouro						
Nº	Estaca	Coordenadas (UTM)		Cota da boca (m)	Extensão do furo (m)	Cota do impenetrável (m)
		Este (X)	Norte (Y)			
SP-9	6 (eixo)	428.633	9.485.764	376,79	1,80	374,99

3.6. ESTUDO DOS MATERIAIS CONSTRUTIVOS

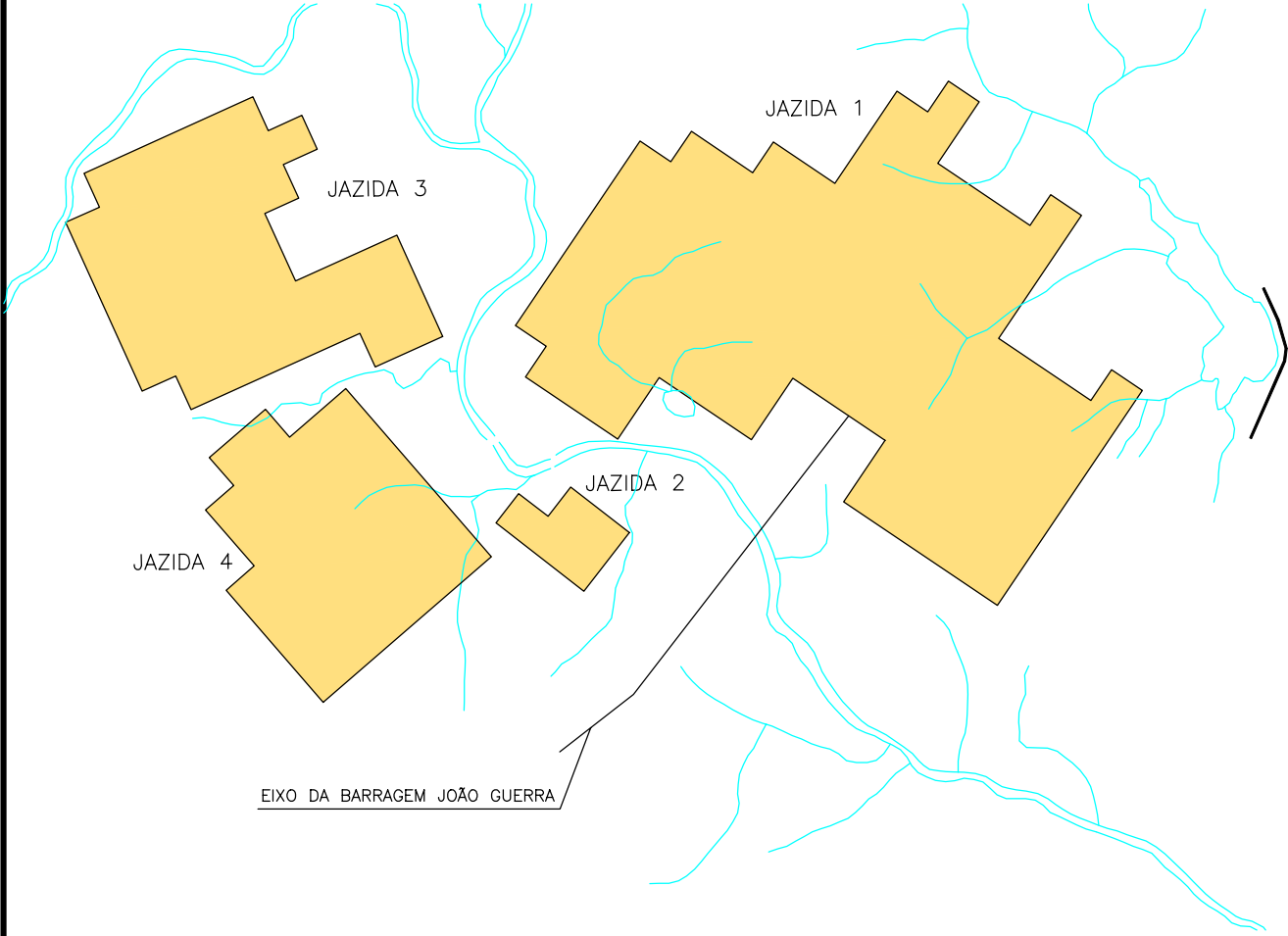
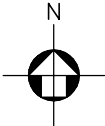
Os estudos das ocorrências de materiais para a utilização na construção da barragem foram iniciados por um simples reconhecimento de toda a área em volta do eixo do barramento, de modo que fossem selecionadas as ocorrências potencialmente aproveitáveis, levando-se em conta a qualidade do material e os volumes disponíveis.

Como fonte de materiais para construção da barragem foram identificadas 4 jazidas de solos, 1 pedreira e um areal, cuja situação em relação ao eixo pode ser vista na figura nº 3.4.

A fonte de obtenção de material pétreo foi considerada as escavações obrigatórias do sangradouro, já que a qualidade da rocha é avaliada como boa e o volume é suficiente para atender as demandas.

Para o fornecimento de agregado miúdo para os concretos e elemento filtrante e drenante dos filtros indicou-se os bancos de areia existentes ao longo do riacho Treme e seu afluente o riacho Santa Rosa. Embora as calhas dos riachos não tenham larguras expressivas, os bancos ocorrem quase de forma contínua, sendo possível a obtenção dos volumes necessários através de uma exploração de uma extensão à montante e jusante do eixo da barragem.

LOCALIZAÇÃO DAS OCORRÊNCIAS
DE MATERIAIS CONSTRUTIVOS



MONTGOMERY WATSON



BARRAGEM JOÃO GUERRA

ESCALA:
1:10.000

DATA:
JAN./2002

FIGURA N° :
3.4



3.6.1 Jazida de Solos

A jazida J-01 situa-se em uma área da ombreira esquerda, que tanto se desenvolve para montante como para jusante do eixo, com sua zona central distando cerca de 0,20 km para a estaca zero. O material que compõe a jazida consiste, predominantemente, de solos classificados como SC e CL (USC).

A jazida J-02 constitui-se numa pequena área, a cerca de 0,15 km a montante do eixo, na zona aluvionar do rio, com predominância de argila arenosa classificada como CL.

A jazida J-03 situa-se a montante do eixo, em zona elevada à direita do riacho São Joaquim, distando para a estaca zero cerca de 1,2 km, consiste numa ocorrência de solos classificados como SC.

A área onde situa-se a jazida J-04 fica a montante do eixo, no lado direito do riacho Treme, distante cerca de 0,95 km para a estaca zero, onde ocorrem maioritariamente solos classificados como SC e CL.

As jazidas de solos foram estudadas através de sondagens a pá e picareta executadas nos vértices de uma malha quadrada típica de 50 m de lado, cobrindo a área a ser explorada, conforme é mostrado nas figuras n^{os} 3.5 a 3.8, apresentadas a seguir. A tabela 3.6 apresenta um resumo das características gerais das jazidas e a tabela 3.7 um quadro com os volumes expurgável e utilizável de cada jazida.

Tabela 3.6: Características Gerais das Jazidas

	Jazida J - 01	Jazida J - 02	Jazida J - 03	Jazida J - 04
Proprietários	Wagner Diógenes	Azaias Bessa	Azaias Bessa	Azaias Bessa
Área Estudada (m²)	287.500	12.500	112.500	90.000
Nº de poços executados	148	11	64	50
Espessura média do expurgo (m)	0,10	0,10	0,10	0,10
Espessura média de material utilizável (m)	0,84	0,67	0,64	0,57
Volume de expurgo (m³)	28.750	1.250	11.250	9.000
Volume de material utilizável (m³)	241.500	8.375	72.000	51.300
Distância ao eixo da barragem (m)	644	261	1244	918



Local	Volume (m³)	
	Utilizável	Expurgável
Jazida J - 01	241.500	28.750
Jazida J - 02	8.375	8.375
Jazida J - 03	72.000	72.000
Jazida J - 04	51.300	51.300
Volume Total	373.175	160.425

Os horizontes encontrados nestes furos foram identificados, classificados tátil visualmente e medidas suas espessuras, conforme apresentado nos boletins de campo no Tomo 4 A- Geologia e Geotecnia- Anexos. Em furos representativos das jazidas foram coletadas amostras, as quais foram enviados ao laboratório e submetidas a campanha de ensaios geotécnicos

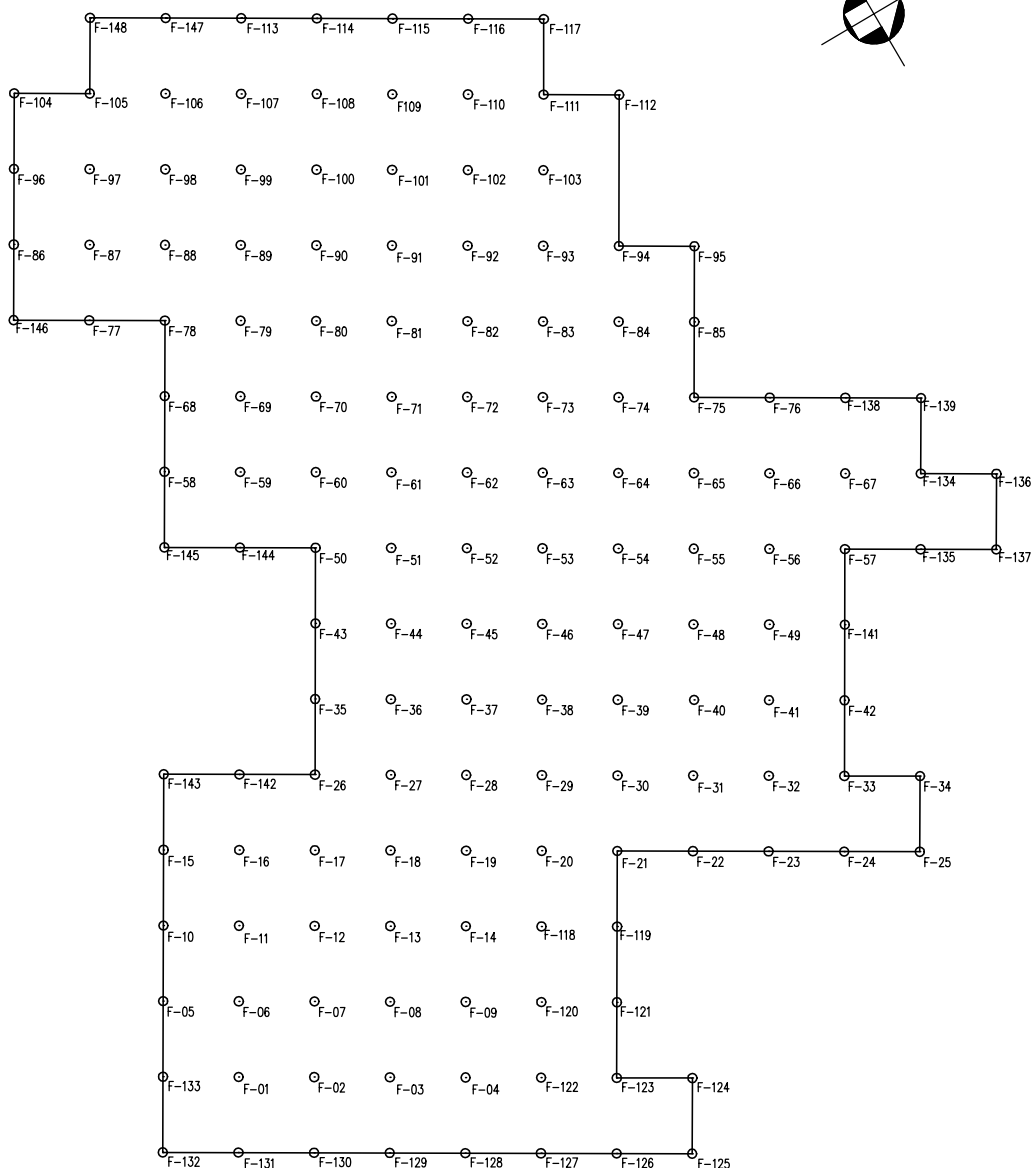
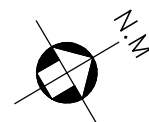
Nas Tabelas N° 3.8 e 3.9 são mostrados os resumos dos resultados dos ensaios de laboratório.

Além dos ensaios geotécnicos de laboratório anteriormente mencionados, foram realizados ensaios de Permeabilidade de Carga Variável e Triaxial (tipo Consolidado Drenado – lento), cujo resumo dos resultados são apresentados na Tabela n° 3.10.

TABELA 3.8: Quadro Resumo dos Ensaio - Jazida J-01

TABELA 3.8: Quadro Resumo dos Ensaio - Jazida J-01																			
Furos		04	15	21	23	28	43	47	58	66	71	80	83	95	100	104	113	117	123
GRANULOMETRIA																			
% que passa	2"	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	1 1/2"	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	1"	100	94	100	100	100	96	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	3/4"	100	94	100	100	100	94	100	100	100	100	100	100	100	100	99	100	100	100
	1/2"	98	93	99	99	100	94	99	98	100	100	98	97	99	100	99	98	97	93
	3/8"	96	93	98	97	100	93	98	97	100	98	97	96	99	99	99	98	96	92
	Nº 4	86	91	95	93	98	91	94	95	99	95	92	93	97	98	98	95	94	88
	Nº 10	78	87	88	88	95	90	86	93	96	90	82	85	91	94	98	90	89	82
	Nº 40	64	69	63	69	69	75	68	79	69	65	55	61	66	75	86	66	69	58
	Nº 100	55	57	46	59	47	64	55	65	44	50	43	50	52	64	72	49	54	38
	Nº 200	50	51	40	54	36	57	48	57	34	38	39	41	47	54	64	42	45	30
	<0,005	31					29		18			31					29		18
LIMITES DE ATTERBERG																			
LL	45,2	46,2	36,1	45,2	NL	46,1	45,9	46,1	36,1	39,1	41,8	38,1	44,2	41,2	46,4	40,3	39,1	NL	
LP	27,9	28,9	27,1	28,9	NP	27,8	27,8	27,7	25,9	27,1	27,9	25,8	28,8	27,1	26,0	28,0	26,3	NP	
IP	17,3	17,3	9,0	16,3	NP	18,3	18,1	18,4	10,2	12,0	13,9	12,3	15,4	14,1	20,4	12,3	12,8	NP	
CLASSIFICAÇÃO U.S.C.S.																			
U.S.C.S.	CL	CL	SC	CL	SM	CL	SC	CL	SC	SC	SC	SC	SC	CL	CL	SC	SC	SM	
COMPACTAÇÃO																			
Densidade Seca - γ_s (g/cm³)	1,752	1,853	1,784	1,824	1,859	1,805	1,792	1,740	1,857	1,882	1,854	1,859	1,750	1,710	1,632	1,882	1,826	2,130	
Umidade Ótima (%)	15,40	15,60	15,70	15,60	12,90	19,40	16,60	17,30	13,50	13,39	14,24	13,98	17,19	17,60	19,50	13,00	14,59	11,50	
ENSAIOS IN SITU																			
Umidade Natural (%)				3,10			3,10				3,10					4,10		4,10	
Peso Especifico Natural (g/cm³)				1,401			1,439				1,398					1,468		1,443	
PERMEABILIDADE																			
Permeabilidade (cm/s)	5,0E-07			4,7E-07		3,7E-07	3,5E-07				1,7E-06	4,4E-07				4,6E-07		7,1E-07	

JAZIDA – 01



MONTGOMERY WATSON



BARRAGEM JOÃO GUERRA

ESCALA:

1:5.000

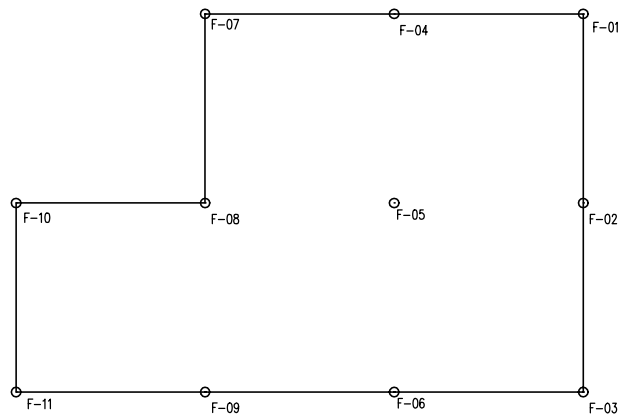
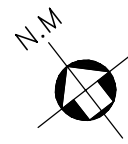
DATA:

JAN./2002

FIGURA N° :

3.5

JAZIDA 2



MONTGOMERY WATSON



BARRAGEM JOÃO GUERRA

ESCALA:

1:2.000

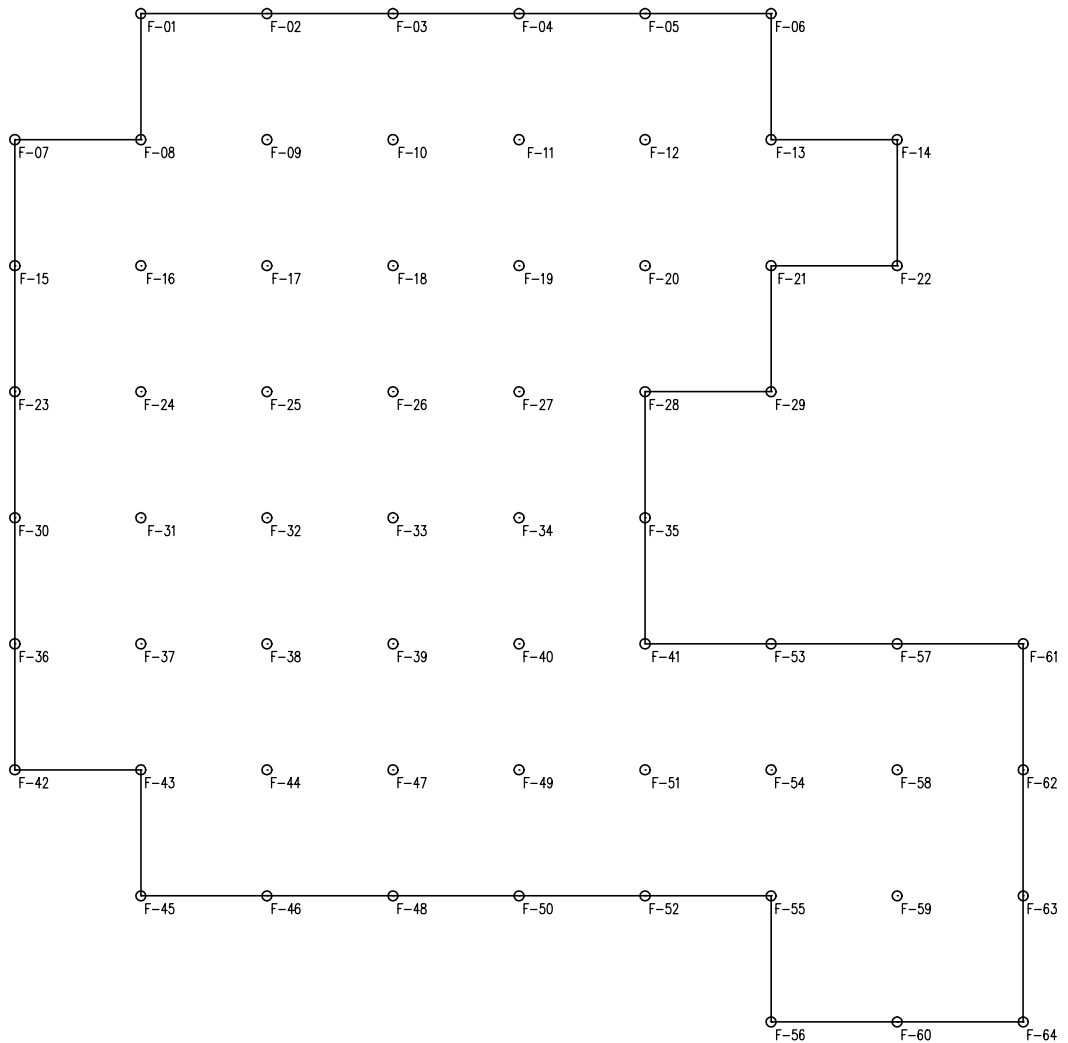
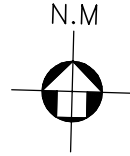
DATA:

JAN./2002

FIGURA N° :

3.6

JAZIDA – 03



MONTGOMERY WATSON



BARRAGEM JOÃO GUERRA

ESCALA:

1:3.000

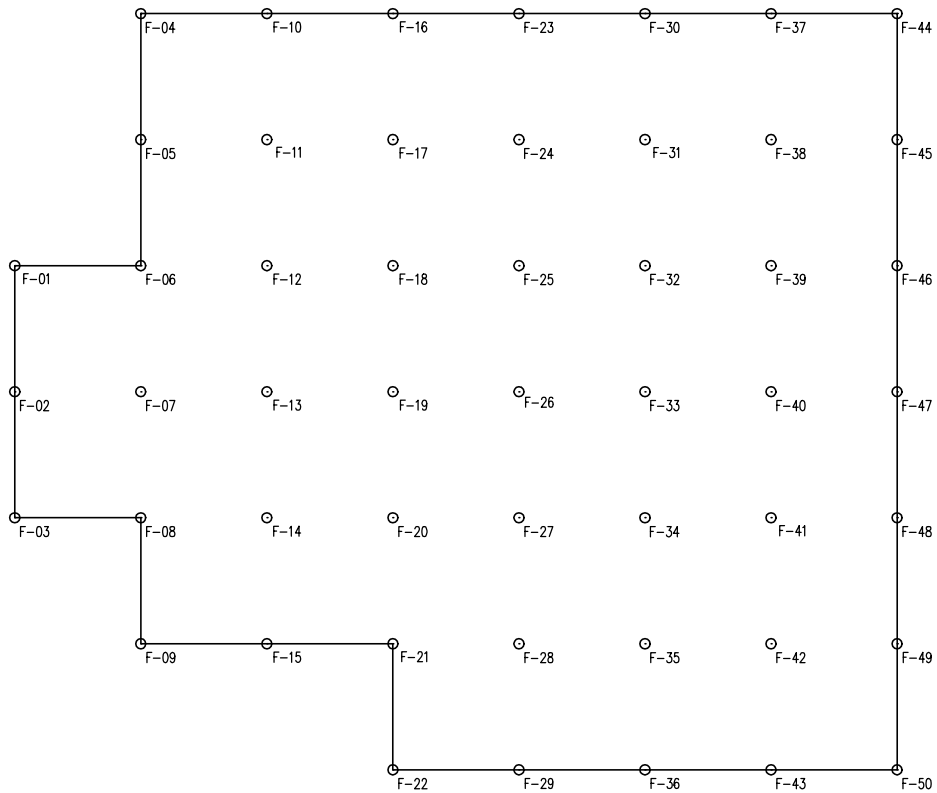
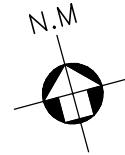
DATA:

JAN./2002

FIGURA N° :

3.7

JAZIDA 4



MONTGOMERY WATSON



BARRAGEM JOÃO GUERRA

ESCALA:

1:3.000

DATA:

JAN./2002

FIGURA N° :

3.8



**TABELA 3.9: Quadro Resumo dos Ensaios
Jazidas J - 02, J - 03 e J - 04**

		J - 02		J - 03						J - 04								
		08	04	09	20	24	32	41	43	59	02	13	17	21	31	33	42	47
GRANULOMETRIA																		
	2"	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
%	1 1/2"	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	1"	100	100	100	100	95	100	92	100	100	100	100	96	96	88	100	100	100
	3/4"	100	100	100	98	95	100	92	100	100	100	100	94	94	85	100	100	100
	1/2"	100	96	99	94	94	99	92	100	94	100	99	93	92	82	100	100	99
	3/8"	100	94	99	93	93	99	92	99	92	100	98	92	91	80	100	100	98
p	Nº 4	99	89	95	90	91	97	90	94	85	99	95	86	90	74	99	99	97
	Nº 10	99	84	88	85	87	89	86	90	80	96	94	78	87	67	93	97	92
	Nº 40	84	62	62	46	66	67	69	65	61	78	76	43	59	42	72	79	62
	Nº 100	67	48	50	26	52	59	53	50	48	62	56	29	43	26	58	62	41
	Nº 200	57	43	45	21	45	55	47	45	43	56	48	23	38	21	52	55	33
	<0,005	47		38	05				35	33	46		7	27				19
LIMITES DE ATTERBERG																		
	LL	44,3	35,9	44,1	NL	42,3	44,1	42,1	38,2	38,2	42,0	44,1	NL	36,1	27,9	46,1	44,2	36,4
	LP	29,1	26,0	29,0	NP	28,0	27,0	28,9	26,1	25,9	27,9	28,3	NP	25,8	23,1	27,8	28,0	26,1
	IP	15,2	9,9	15,1	NP	14,3	17,1	13,2	12,1	12,3	14,1	15,8	NP	10,3	4,8	18,3	16,2	10,3
CLASSIFICAÇÃO																		
	U.S.C.S.	CL	SC	SC	SM	SC	CL	SC	SC	SC	CL	SC	SM	SC	SC	CL	CL	SC
COMPACTAÇÃO																		
	Densidade Seca - γ_s (g/cm ³)	1,768	1,746	1,645	1,878	1,778	1,766	1,778	1,840	1,882	1,662	1,728	2,010		2,130	1,719	1,682	1,790
	Umidade Ótima (%)	16,80	14,43	17,66	11,79	14,01	14,48	14,50	15,86	12,27	13,43	14,36	9,42		11,46	19,03	15,09	14,83
ENSAIOS <i>IN SITU</i>																		
	Umidade Natural (%)	3,10		3,10	3,50				4,10	3,10	3,10		3,90	3,10				3,90
	Peso Específico Natural (g/cm ³)	1,433		1,451	1,376				1,478	1,464	1,381		1,685	1,633				1,497
PERMEABILIDADE																		
	Permeabilidade (cm/s)	5,9E-07		3,1E-07	1,6E-06				6,8E-07	9,0E-07	5,3E-07		1,8E-06	1,3E-06				7,7E-07

Tabela Nº 3.10: Valores Médios dos Ensaios Especiais das Jazidas

Jazida	Coeficiente de Permeabilidade (cm/s)	Triaxial	
		Coesão (kgf/cm ²)	ϕ (°)
J-01	1,7X10E-6 a 4,5x10E-7	0,25	16,9
J-02	5,9x10E-7	-	-
J-03	1,6x10E-6 a 3,1x10E-7	0,21	19,1
J-04	1,3x10E-6 a 7,6x10E-7	0,02	25,2

3.6.2. Areal



O areal foi identificado e estudado para a execução do filtro vertical, dreno horizontal e concretos.

Selecionou-se uma extensão do riacho Treme e do Santa Rosa, onde foram executados furos à trado e medida a largura da calha do rio, de forma a suprir os volumes de areia estimados para as obras. Nestes furos foram coletadas amostras para a realização dos ensaios de Granulometria por Peneiramento e de Permeabilidade.

A tabela 3.11 apresenta um resumo de características gerais do areal estudado.

Tabela 3.11: Características Gerais do Areal	
Área Estudada (m²)	20.346
Nº de poços executados	14
Espessura média de material utilizável (m)	1,50
Volume de material utilizável (m³)	30.519
Distância ao eixo da barragem (m)	986

Na Tabela Nº 3.12 são mostrados os resultados médios dos ensaios de laboratório realizados no Areal.

Tabela Nº 3.12 Valores Médios dos Ensaios do Areal											
Areal	Granulometria passante (%)								D_{max} (mm)	M.F.	Permeab. (cm/s)
	½"	3/8"	Nº4	Nº 8	Nº 16	Nº 30	Nº 50	Nº 100			
A-1	100	100	96	90	69	33	7	1	4,8	3,1	4,8x10E-3

3.6.4. Pedreira

Para obtenção de materiais pétreos necessários para as proteções dos taludes do maciço, dreno de pé, transições e concretos indica-se as escavações obrigatórias do sangradouro, realizadas em uma rocha biotita-xisto, são. A distancia do sangradouro até a estaca zero do eixo da barragem é de 1,0 km. A região da sela onde localizou-se o sangradouro é pródiga em afloramentos rochosos, merecendo destaque a elevação que compõe a sua ombreira direita.



A tabela 3.13 apresenta um resumo de características gerais da pedra estudada.

Tabela 3.13: Características Gerais da Pedreira P - 01	
Proprietário	-
Área Estudada (m²)	59.484
Nº de poços executados	8
Espessura média de decapagem (m)	2,41
Espessura média de material utilizável (m)	6,18
Volume de decapagem (m³)	143.356
Volume de material utilizável (m³)	367.611
Distância ao eixo da barragem (m)	1.200

Foram coletadas amostras dos afloramentos do sangradouro, ditos pedra P-01, para a realização do ensaio de desgaste por Abrasão “Los Angeles” cujo valor médio é apresentado na Tabela nº 3.14.

Tabela Nº 3.14 Valores Médios dos Ensaio da Pedreira
Abrasão Los Angeles (%)
25,7



MONTGOMERY WATSON



4. ESTUDOS HIDROLÓGICOS



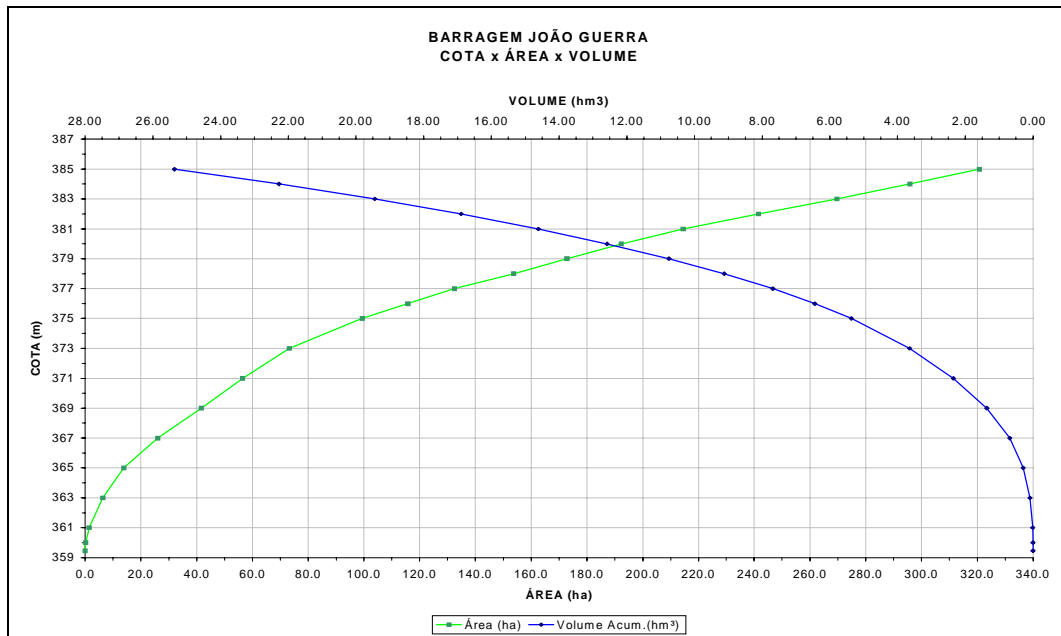
4. ESTUDOS HIDROLÓGICOS

4.1. FICHA HIDROLÓGICA

Município	Itatira
Rio ou Riacho Barrado.....	Treme
Área da Bacia Hidrográfica	134,3 km ²
Comprimento do Talvegue Principal.....	21,7 km
Desnível do Talvegue Principal.....	160 m
Precipitação Média Anual	567 mm
Escoamento Médio Anual	58 mm
Evaporação Média Anual(Tanque Classe A)	2706 mm
Vertedouro Tipo.....	Canal escavado em rocha
Cota do Vertedouro.....	377,00 m
Largura do vertedouro	100 m
Comprimento/Declividade Longitudinal do Vertedouro	170m/0,5%
Vazão Máxima de Cheia - TR = 1.000 anos.....	330 m ³ /s
Lâmina Máxima de Sangria - TR = 1.000 anos.....	1,88 m
Vazão Máxima de Cheia - TR = 10.000 anos.....	377 m ³ /s
Lâmina Máxima de Sangria - TR = 10.000 anos.....	2,02 m
Vazão Regularizada a 90% de garantia.....	75 l/s
Vazão Regularizada a 95% de garantia.....	57 l/s
Vazão Regularizada a 99% de garantia.....	35 l/s



COTA - ÁREA - VOLUME			
Cota (m)	Área (ha)	Volume (hm ³)	Volume Acum.(hm ³)
359.46	0.00	0.000	0.000
360.000	0.29	0.001	0.001
361.000	1.38	0.008	0.009
363.000	6.39	0.078	0.087
365.000	13.84	0.202	0.289
367.000	26.10	0.399	0.688
369.000	41.65	0.678	1.366
371.000	56.45	0.981	2.347
373.000	73.24	1.297	3.644
375.000	99.44	1.727	5.370
376.000	115.77	1.076	6.447
377.000	132.48	1.241	7.688
378.000	153.73	1.431	9.119
379.000	172.83	1.633	10.752
380.000	192.34	1.826	12.577
381.000	214.47	2.034	14.612
382.000	241.48	2.280	16.891
383.000	269.62	2.556	19.447
384.000	295.86	2.827	22.274
385.000	320.74	3.083	25.357





4.2. CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA

O açude João Guerra barra o rio Treme nas coordenadas UTM N 9.484.680 e E 428.530. A barragem situa-se próxima à localidade Boa Vista, a jusante do distrito de Lagoa do Mato, no município de Madalena, pertencendo à microrregião geográfica da Bacia do Banabuiú.

A bacia hidrográfica do açude João Guerra tem como principal contribuinte o rio Treme, abrangendo uma área de contribuição de 134 Km². O rio Treme se estende na direção oeste-sudeste, perfazendo, aproximadamente, 21,68 Km do ponto mais a montante do sistema de drenagem até o eixo da barragem.

A Figura 4.1 apresenta o sistema de drenagem da bacia contribuinte ao açude João Guerra e região adjacente. Observa-se a localidade Lagoa do Mato.

Os solos presentes na bacia de drenagem do açude João Guerra são predominantemente associação de solos Litólicos Eutróficos+Afloramentos Rochosos (Re35) e de solos Litólicos Eutróficos (Re17 e Re19), abrangendo em conjunto cerca de 56% da área da bacia hidrográfica. São solos que se caracterizam pelo alto potencial de escoamento superficial, com muito baixa taxa de infiltração e transmissão da água. Associação de Podzólico Vermelho-Amarelo Eutrófico + Solos Litólicos (PE66 e PE67) também tem uma significativa representatividade, abrangendo 24% da área da bacia. Com menor representatividade tem-se as associações de solos Planossolo Solódico + Solos Litólicos Eutrófico (PLS12), Litólicos Eutróficos + Bruno Não Cálcico (Re38) e Planossolo Solódico + Solonetz Solodizado + Solos Litólicos Eutrófico (PLS16), abrangendo em conjunto cerca de 12% da bacia hidrográfica do açude João Guerra.

Ressalta-se que a bacia hidráulica do açude João Guerra inundará região cujo solo dominante é associação de solos Litólicos Eutróficos + Afloramentos Rochosos Litólicos (Re35), como pode ser visto na Figura 4.2, a qual apresenta mapa com a distribuição das manchas de solos presentes na bacia hidrográfica do açude João Guerra.

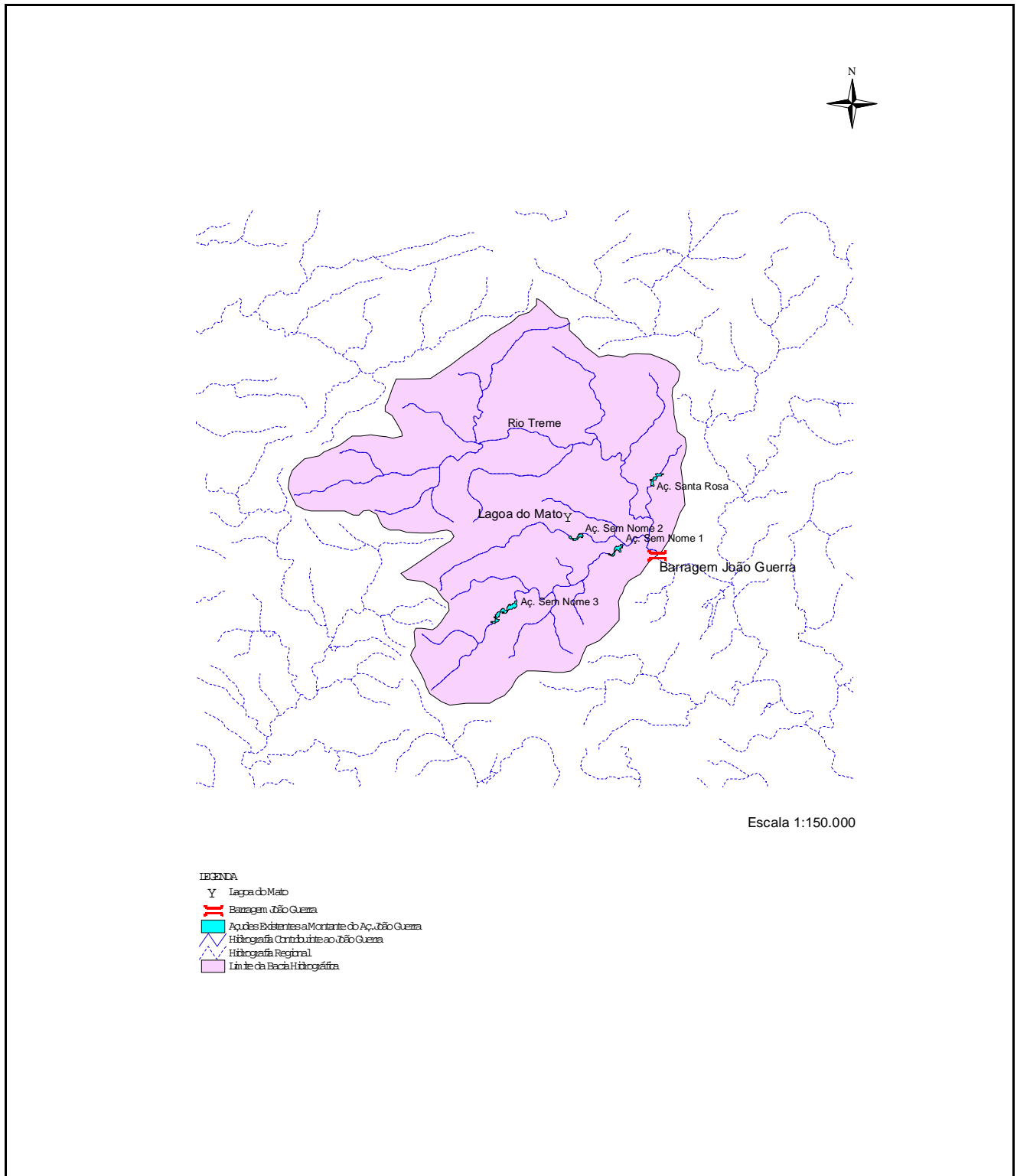


Figura 4.1 – Sistema de drenagem e açudes existentes na bacia hidrográfica do açude João Guerra.

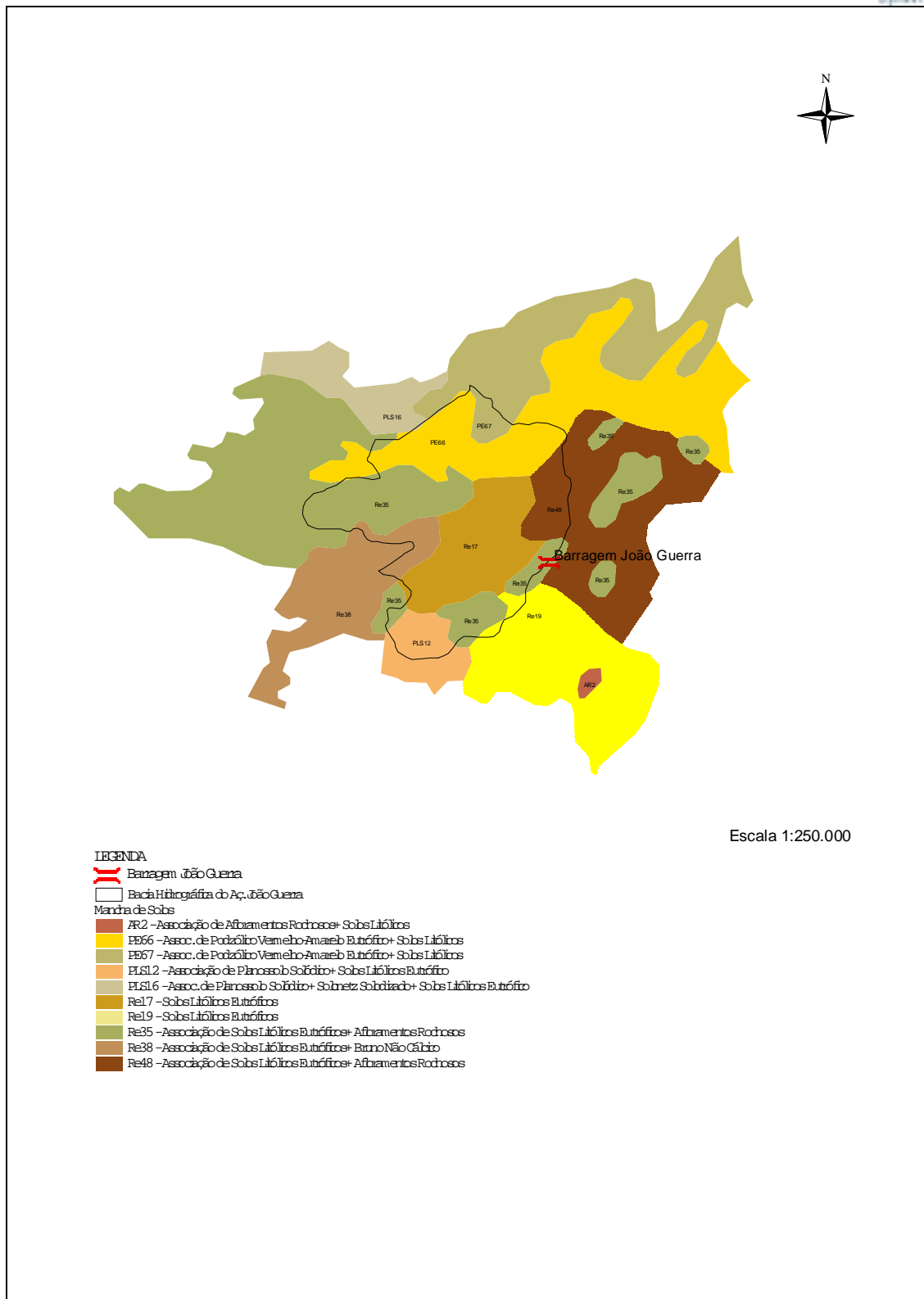


Figura 4.2 – Manchas de Solos na bacia hidrográfica do açude João Guerra.



A caracterização da cobertura vegetal e uso do solo para a bacia hidrográfica do açude João Guerra, foi obtida a partir das imagens de satélite TM/Landsat, para o ano de 1996, adquiridas quando da elaboração do Plano de Gerenciamento das Águas da Bacia do Rio Jaguaribe, COGERH (2000). O Quadro 4.2.1, a seguir, apresenta a configuração do uso do solo na bacia hidrográfica do açude João Guerra.

Quadro 4.2.1 Configuração do uso do solo na bacia hidrográfica do açude João Guerra, de acordo com as imagens de satélite TM/Landsat, para o ano de 1996 (COGERH, 2000).

Uso do Solo	Área (m ²)	% do Uso do Solo em Relação à Área da Bacia Hidrográfica
Caatinga Arbórea Densa	74.143.800	56,35
Caatinga Herbáceo Arbustiva	18.054.900	13,72
Espelhos d'água > 5 ha	618.300	0,47
Solo Exposto	985.500	0,75
Mata Ciliar	30.600	0,02
Área Agrícola	1.832.400	1,39
Área Alterada/Antropizada	27.718.200	21,07
Nuvem	8.199.900	6,23
Total	131.583.600	100

Nota-se pelas informações apresentadas no Quadro 4.2.1 que a região da bacia de drenagem do açude João Guerra possui um bom estado de preservação das matas virgens, pois cerca de 70 % da área é coberta por caatinga arbórea densa e caatinga herbáceo arbustiva. No entanto, apresenta consideráveis valores de área alterada ou antropizada, cerca de 21 %, o que indica sinal de degradação ambiental nestas áreas.

Conclui-se que a bacia de drenagem do açude João Guerra encontra-se em bom estado de conservação.



Com as informações do grupo de solo hidrológico da bacia e o uso do solo (classificado de acordo com o Método CN) pode-se determinar o CN, a ser adotado no cálculo da precipitação efetiva, ponderando-se estas informações, conforme apresentado no Quadro 4.2.2 a seguir.

Quadro 4.2.2: Determinação do Número CN para a Área da Bacia Hidrográfica do Açude João Guerra.

USOSOLO_CN	PERMEABILIDADE	PONDERAÇÃO CN	
	(m ²)	CN	PESO
Plantações regulares em fileiras retas	1.832.400	88	0,01
Florestas Normais	74.174.400	76	0,60
Florestas Esparsas	18.054.900	84	0,15
Estradas de terra de superfície dura	985.500	92	0,01
Pastagens ou terrenos em más condições	27.718.200	89	0,23
CN GERAL			80

Determinou-se, portanto, que para o cálculo da precipitação efetiva na bacia do açude João Guerra deve ser usado CN igual a 80.

4.3. CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA

Para a caracterização climática da região foram utilizadas as informações da estação meteorológica de Quixeramobim, a qual é a estação geograficamente mais próxima do local da barragem, localizada nas coordenadas UTM N 9.425.214 e E 466.753. As informações com relação a temperatura, insolação, umidade relativa, ventos e evaporação foram extraídas das *Normais Climatológicas - 1961 a 1990* - do INEMET (1992), para a estação meteorológica de Quixeramobim.

Para os dados de precipitação e de evapotranspiração foram utilizados 4 (quatro) postos pluviométricos localizados dentro e numa distância máxima de 10 km da



bacia hidrográfica do açude João Guerra. No caso da evapotranspiração foram calculados os valores segundo *Hargreaves* (1974)¹.

Em síntese, o clima da bacia em estudo é caracterizado pelos indicadores do quadro a seguir.

INDICADOR	ÍNDICE
Pluviometria média anual	603 mm
Semestre chuvoso	Jan/Jun
Trimestre úmido	Mar/Maio
Trimestre seco	Set/Nov
Mês de maior pluviosidade	Março
Temperatura média anual	26,6 °C
Média das temperaturas mínimas	22,8 °C
Média das temperaturas máximas	32,4 °C
Amplitude das médias extremas	22,0 °C
Umidade relativa média anual	65,5 %
Período de maior umidade relativa	Abril
Período de menor umidade relativa	Novembro
Insolação anual	2761 h
Período de maior insolação	Outubro
Período de menor insolação	Abril
Ventos de 1ª predominância	Este/Nordeste
Velocidade média dos ventos	3,2 m/s
Evaporação média anual em tanque classe A	2706 mm
Período de maior evaporação	Set/Out
Período de menor evaporação	Abr/Maio
ETP média anual	1961 mm

1 HARGREAVES, G. H. (1974) *Potencial Evapotranspiration and Irrigation Requirements for Northeast Brazil*, Utah State University.



4.4. ESTUDOS DE CHUVAS INTENSAS

4.4.1. Chuvas Máximas Diárias

Os valores de máximos diários foram selecionados ano a ano para a estação melhor representativa da bacia em estudo (2890378). Ajustou-se, então, distribuições estatísticas aos valores máximos diários de cada ano.

Depois de comparar diversas distribuições, foi escolhida a Extremos Tipo I como a que melhor se ajustou, cujas estimativas para vários períodos de retorno encontram-se no Quadro 4.3.1. Os ajustes e os testes de aderência podem ser observados nas saídas computacionais mostradas nas páginas a seguir.

Quadro 4.4.1 - Análise de Frequência de Máximos Diários de Chuva. Distribuição Extremos Tipo I Posto Pluviométrico: 2890378

TR (anos)	P(1 dia)
100	139
1.000	169
10.000	182

4.4.2. Chuvas Intensas

Na área em estudo não existem registros de pluviógrafos, o aparelho mais comum nas estações pluviométricas é o pluviômetro, que é capaz de registrar a “precipitação de 1 dia”. Isto impossibilita o uso da metodologia convencional, na qual, a partir de chuvas intensas de várias durações registradas em pluviogramas, estabelece-se uma equação que relaciona intensidade-duração-frequência para a área de representatividade do aparelho.

Como alternativa ao método tradicional (através de pluviógrafos), utilizou-se o Método das Isozonas (Torrico, 1975)².

Os resultados são apresentados nos quadros a seguir.



Estudo de Chuvas Intensas - Precipitações em mm

Posto Pluviométrico: 2890378 ISOZONA F				
TR (anos)	P(1dia)	P(24h)	P(1h)	P(6min)
100	139	153	67	19
1.000	169	186	79	23
10.000	182	200	83	25

Deve-se reduzir a chuva pontual para a chuva em toda bacia pela relação:

$$Pa/Po = [1 - 0,20.\log(A/Ao)]$$

sendo:

Pa - Precipitação na área da bacia

Po - Precipitação pontual no posto pluviométrico

A - Área da bacia (km²)

Ao - Área de influência do posto pluviométrico (25 km²)

Para o açude têm-se:

$$Pa/Po = [1-0,20.\log(121/25)]= 0,86$$

O Quadro de precipitações intensas para a Bacia Hidrográfica fica então, multiplicando-se os valores acima pelo coeficiente encontrado:

Precipitações na Bacia do Açude João Guerra				
TR (anos)	P(1dia)	P(24h)	P(1h)	P(6min)
100	120	132	58	16
1.000	146	160	69	20
10.000	157	173	71	21

Os valores marcados do quadro são então plotados no papel especial, obtendo-se o gráfico a seguir.

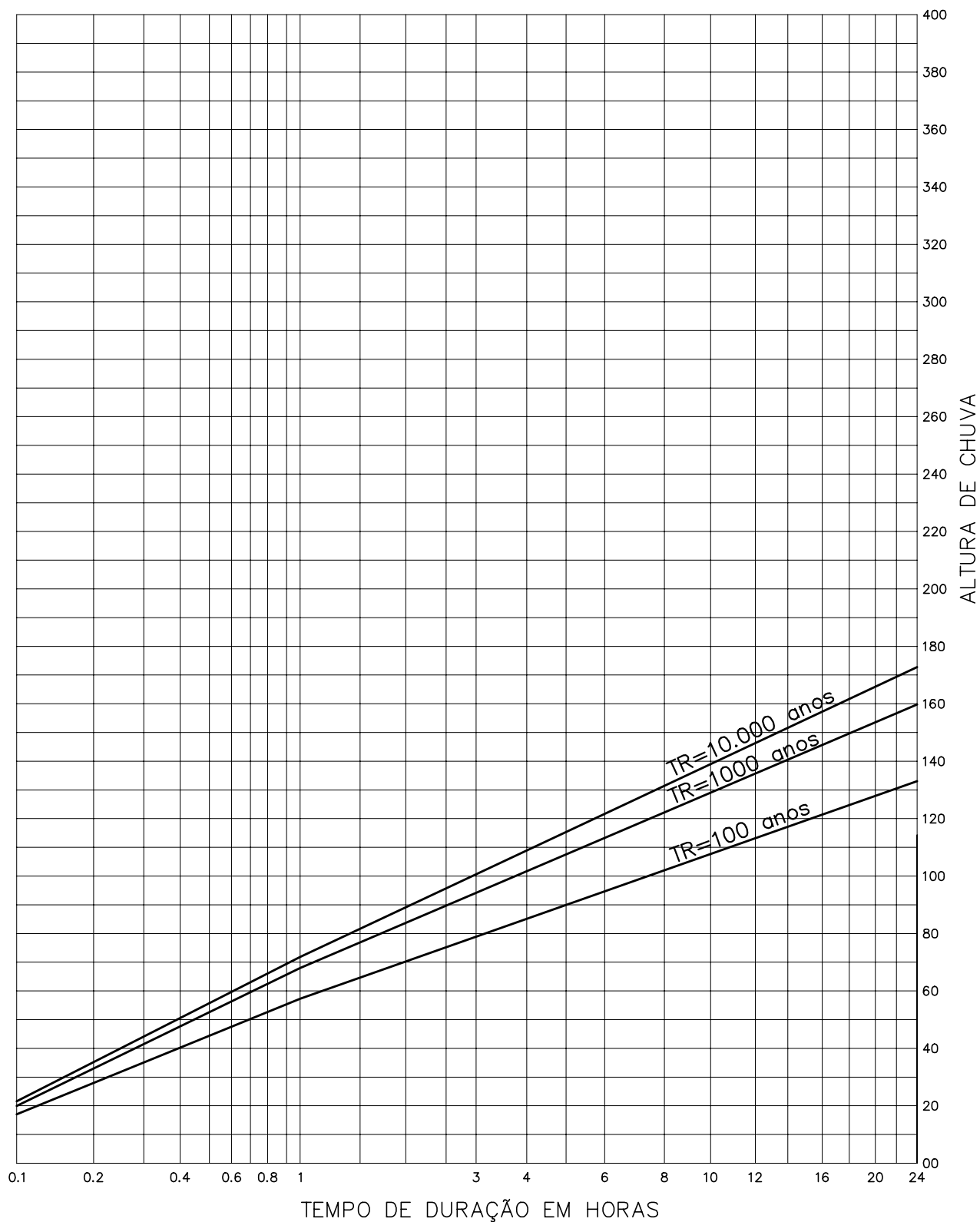


FIGURA 4.3 – AÇUDE JOÃO GUERRA
 CURVAS PRECIPITAÇÃO-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA
 MÉTODO DAS ISOZONAS



4.5. ESTUDO DE DEFLÚVIOS

A estimativa das vazões afluentes mensais ao açude foi realizada objetivando fornecer elementos para a simulação da operação e, conseqüentemente, o dimensionamento do reservatório.

A bacia hidrográfica do açude João Guerra não possui estação fluviométrica. O Plano de Gestão das Águas da Bacia do Jaguaribe, trabalho realizado pela Engesoft para a COGERH, estudou as séries em toda a bacia e sub-bacias do Jaguaribe, inclusive a bacia do açude Fogareiro, a jusante do João Guerra. A série do açude, portanto, foi retirada do referido estudo, fazendo-se uma correlação de área com a série do Fogareiro .

A série, em m³/s, pode ser visualizada no Quadro 4.5.1 a seguir.

**Quadro 4.5.1 - Vazões Mensais Afluentes ao Açude João Guerra (m³/s)**

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1912	0.00	0.54	0.82	2.14	1.17	0.19	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41
1913	0.00	0.69	0.79	0.73	0.52	0.11	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24
1914	0.07	0.02	0.01	0.03	0.04	0.05	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
1915	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1916	0.10	0.03	0.94	0.34	0.43	0.09	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16
1917	0.51	2.13	2.39	0.30	0.81	0.36	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.54
1918	0.00	0.04	0.00	0.01	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
1919	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
1920	0.00	0.00	1.15	1.05	0.99	0.28	0.14	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.30
1921	0.00	0.21	1.62	1.76	3.07	0.07	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.56
1922	0.00	0.00	0.06	4.70	2.28	0.11	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60
1923	0.00	0.19	0.70	0.69	0.11	0.35	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17
1924	0.54	2.11	2.57	6.66	0.86	0.76	0.13	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	1.14
1925	0.17	0.56	1.69	1.26	0.43	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34
1926	0.00	0.08	1.45	1.21	0.52	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27
1927	0.00	0.01	0.69	1.28	0.04	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17
1928	0.00	0.00	0.10	0.34	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06
1929	0.00	0.03	0.30	0.39	0.17	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08
1930	0.00	0.00	0.06	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
1931	0.00	0.02	0.06	0.08	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
1932	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1933	0.00	0.01	0.20	0.69	0.06	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.10
1934	0.03	0.73	3.77	1.59	1.23	0.13	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.64
1935	0.00	0.23	0.31	1.81	0.53	0.30	0.05	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.28
1936	0.03	0.28	1.10	0.04	0.31	0.20	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17
1937	0.00	0.01	0.00	2.16	0.29	0.27	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23
1938	0.00	0.00	0.93	0.72	0.19	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15
1939	0.00	0.10	0.20	0.12	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04
1940	0.00	0.15	0.69	2.84	1.89	0.90	0.12	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.55
1941	0.00	0.05	0.54	0.22	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08
1942	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

**Quadro 4.5.1 - Vazões Mensais Afluentes ao Açude João Guerra (m³/s)**

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1943	0.00	0.03	0.07	0.06	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
1944	0.00	0.00	0.32	0.48	0.17	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09
1945	0.09	1.33	0.47	0.67	1.58	0.27	0.20	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39
1946	0.00	0.20	0.17	0.16	0.08	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05
1947	0.00	0.08	0.80	0.75	1.06	0.19	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24
1948	0.00	0.00	0.54	0.42	0.52	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13
1949	0.00	0.12	0.28	0.34	0.39	0.06	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
1950	0.14	0.15	0.58	3.90	1.33	0.12	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.52
1951	0.00	0.01	0.00	0.03	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
1952	0.00	0.00	0.16	0.20	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04
1953	0.00	0.00	0.00	0.13	0.14	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
1954	0.00	0.01	0.05	0.02	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
1955	0.00	0.00	0.00	0.19	0.23	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04
1956	0.00	0.01	0.14	0.70	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07
1957	0.00	0.00	0.04	2.49	0.23	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23
1958	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1959	0.04	0.11	0.13	0.12	0.07	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04
1960	0.00	0.00	1.43	0.91	0.18	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21
1961	0.00	0.00	1.92	2.40	1.32	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48
1962	0.00	0.00	0.00	0.44	0.05	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04
1963	0.00	0.00	1.35	0.88	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21
1964	0.00	0.23	1.79	2.90	2.61	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.64
1965	0.00	0.00	0.00	1.97	0.44	0.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26
1966	0.00	0.53	0.03	0.55	0.07	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
1967	0.00	0.01	0.99	3.23	2.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.52
1968	0.00	0.00	1.32	0.18	0.49	0.15	0.06	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19
1969	0.00	0.00	0.10	1.26	0.16	0.12	0.09	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15
1970	0.00	0.00	0.18	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
1971	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03
1972	0.00	0.00	0.00	0.76	0.12	0.07	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08
1973	0.00	0.00	0.08	2.11	0.58	0.14	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24

**Quadro 4.5.1 - Vazões Mensais Afluentes ao Açude João Guerra (m³/s)**

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1974	0.67	0.93	5.12	7.35	4.84	0.77	0.09	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	1.65
1975	0.00	0.00	0.09	0.05	0.42	0.56	0.67	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15
1976	0.00	0.27	0.24	0.41	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08
1977	0.00	0.00	0.00	0.34	1.07	0.86	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19
1978	0.00	0.04	0.04	0.21	0.47	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06
1979	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.00	0.03
1980	0.00	0.39	1.73	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18
1981	0.00	0.00	1.82	0.65	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21
1982	0.00	0.00	0.01	0.75	0.32	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09
1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1984	0.00	0.00	0.45	3.26	1.64	1.11	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.55
1985	0.00	0.34	2.54	6.46	1.48	0.34	0.30	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.96
1986	0.05	0.30	1.93	4.05	1.20	0.29	0.05	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.66
1987	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1988	0.00	0.00	0.17	1.48	1.11	0.06	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24
1989	0.00	0.00	0.14	2.95	3.00	0.15	0.30	0.02	0.00	0.00	0.00	0.20	0.56
1990	0.07	0.01	0.03	0.39	0.54	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
1991	0.00	0.00	0.24	0.49	0.55	0.03	0.00	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.12
1992	0.01	0.95	0.66	1.31	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25
1993	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1994	0.00	0.00	0.23	0.41	0.07	0.12	0.14	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08
1995	0.00	0.00	0.00	0.56	0.27	0.11	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08
1996	0.05	0.00	0.00	1.09	0.99	0.15	0.07	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.20
Média	0.03	0.17	0.61	1.10	0.58	0.14	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22
DP	0.11	0.39	0.91	1.53	0.84	0.23	0.09	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.28
CV	3.53	2.34	1.50	1.39	1.46	1.63	2.54	2.53	5.42	4.94	5.50	6.10	1.23



4.6. ESTUDO DAS CHEIAS DE PROJETO

As relações chuva-deflúvio para a bacia do Açude João Guerra foram estabelecidas utilizando-se o modelo HEC-1, um modelo projetado para simular o escoamento superficial em uma bacia, sendo esta representada como um sistema de componentes hidrológicos e hidráulicos. Para esta bacia foi estudada a sua resposta ao hietograma de projeto correspondentes a 1000 anos e 10.000 anos de tempo de retorno.

O Quadro 4.6.1 apresenta a chuva de projeto, obtida partir das curvas precipitação-duração-freqüência e a precipitação associada aos tempos de retorno de 1000 e 10.000 anos para as durações de 5 min, 15 min, 60 min, 2 h, 3 h, 6 h.

Quadro 4.6.1 - Chuva de Projeto na Bacia do Açude João Guerra

Intervalo de Tempo	P (mm) 1.000 Anos	P (mm) 10.000 Anos
5 min	20	21
15 min	37	40
1 h	69	71
2 h	83	89
3 h	94	100
6 h	113	122

O hietograma de projeto tem uma duração superior ao tempo de concentração da bacia, estimado aqui em $T_C = 282 \text{ min} = 4,7 \text{ h}$.

Utilizou-se o modelo do SCS (Soil Conservation Service) para a obtenção dos hidrogramas afluentes para 1000 e 10000 anos.

A laminação das enchentes de projeto foi realizada pelo método de Puls.

A curva chave do sangradouro (canal escavado em rocha) adotada foi a do quadro a seguir:



COEFIC. DE MANNING=0.025; COMP. VERTEDOR = 170m ; DECLIVIDADE DO VERTEDOR = 0.005 m/m

VAZOES (M3/S)	YC (M)	VC (M/S)	$V^{**2}/2*G$	E (M)	SF1 (M/M)	U1	SF1-S0 (M/M)	U2	YINIC (M)	LAMINA H(M)	HO (M)
100	0.4671	2.140 7	0.2336	0.7007	0.008	-0.0513	0.003	0.5127	0.7007	0.647	0.768
200	0.7415	2.697 1	0.3708	1.1123	0.006908	0.4629	0.001908	0.8217	1.1123	0.907	1.155
300	0.9717	3.087 4	0.4858	1.4575	0.006351	0.8605	0.001351	1.1145	1.4575	1.121	1.486
400	1.1771	3.398 1	0.5885	1.7657	0.00599	1.2026	0.00099	1.3887	1.7657	1.309	1.785
500	1.3659	3.660 5	0.6829	2.0489	0.005728	1.5104	0.000728	1.6473	2.0489	1.479	2.062
600	1.5424	3.889 9	0.7712	2.3137	0.005526	1.7942	0.000526	1.8931	2.3137	1.635	2.321
700	1.7094	4.095	0.8547	2.5641	0.005363	2.06	0.000363	2.1282	2.5641	1.781	2.568
800	1.8685	4.281 4	0.9342	2.8028	0.005227	2.3114	0.000227	2.3541	2.8028	1.918	2.805
900	2.0212	4.452 8	1.0106	3.0317	0.005112	2.5512	0.000112	2.5723	3.0318	2.048	3.032
1000	2.1682	4.611 9	1.0841	3.2523	0.005013	2.7811	0.000013	2.7835	3.2524	2.172	3.252
1100	2.3105	4.760 8	1.1552	3.4657	0.004925	3.0027	-7.5E-05	2.9887	3.4657	2.289	3.466
1200	2.4485	4.900 9	1.2242	3.6727	0.004848	3.2169	-0.00015	3.1884	3.6727	2.401	3.674
1300	2.5827	5.033 4	1.2913	3.874	0.004779	3.4248	-0.00022	3.3832	3.874	2.509	3.877

EQUAÇÃO DO VERTEDOR $Q = 0.1200 + 1.7237 * H^{**1.5}$

COEF. C DO VERTEDOR = 1.6947

COEF. CORRELAÇÃO DA EQUAÇÃO = 1

COEF. CORRELAÇÃO EQUAÇÃO PELA ORIGEM =0.9666

EQUAÇÃO LOGARÍTMICA = $1.1723 * H_0^{**1.8491}$

n MEDIO=1.4919

A largura do sangradouro da barragem João Guerra foi definida não em função de condições hidráulicas, mas em função da existência de um trecho de estrada estadual a ser inundada pela barragem e de uma ponte. Dessa forma definiu-se a largura como aquela que, para o volume máximo permissível, minimizasse o custo de intervenção na estrada.

A largura do sangradouro escolhida foi de 100 m, para a cota máxima de 377 m.

Os picos de vazão efluente e lâminas de sangria são mostrados no Quadro 4.5.2 a seguir, para os períodos de retorno de 1.000 e 10.000 anos.

**Quadro 4.6.2 – Vazões e lâminas de sangria**

TR = 1.000 ANOS		TR = 10.000 ANOS	
Q(m ³ /s)	h(m)	Q(m ³ /s)	h(m)
330	1,88	377	2,02

4.7. Disponibilidade Hídrica do Reservatório

A importância do estudo da capacidade de regularização de um reservatório está ligada ao conhecimento das mudanças temporais e espaciais dos deflúvios naturais, visando o atendimento das demandas da sociedade. Busca-se aqui avaliar o tamanho que deve ser a obra de maneira que ganhos em regularização de águas justifique os investimentos a serem realizados.

Na determinação das curvas de regulação do reservatório foi utilizado o modelo de simulação de reservatórios HEC-3. Esse modelo simula a operação mensal do açude, fazendo uso para isso da equação da continuidade dos volumes (Equação do Balanço Hídrico).

A determinação do tamanho do reservatório foi realizada tendo como base o menor custo de construção para atingir o mínimo da estrada CE-366. Assim, foi definida a cota 377 como aquela que menos atinge a estrada e proporciona ainda alguma capacidade de regularização ao açude.

O volume acumulado para essa cota é de 7,69 hm³.

Foi utilizada a série já apresentada anteriormente para obtenção das vazões regularizadas com 90%,95% e 99% de garantia a partir do uso do modelo HEC-3. Os resultados destas simulações estão sumarizados no Quadro 4.6.1.



Quadro 4.7.1 - Vazões Regularizadas em l/s

Q(l/s)	FALHAS	GARANTIA(%)
75	105	90%
57	50	95%
35	11	99%



MONTGOMERY WATSON



5. CONCLUSÕES DECORRENTES DOS ESTUDOS BÁSICOS



5. CONCLUSÕES DECORRENTES DOS ESTUDOS BÁSICOS

Desta campanha de sondagem realizada no boqueirão da barragem, pode-se observar, entre outras coisas, que:

- a) Na ombreira esquerda as sondagens mistas SM-01 e 02 (estacas 6 e 8+10) detectaram uma cobertura de solo com 3,24 e 10,04 m de espessura, respectivamente, e a sondagem percussiva SP-01 (estaca 7) uma espessura de 3,27 m. A constituição predominante deste solo é silto arenosa, micácea, com compactidade de medianamente compacto a muito compacto e permeabilidade máxima de 4×10^{-4}
- b) No leito do rio as sondagens percussivas SP-02, SP-03 e SP-04 indicaram um sedimento de areia fina a média, siltosa com pedregulho, com espessura entre 1,73 e 3,80 m, com compactidade fofa e nível d'água praticamente aflorante. Subjacente a este sedimento encontrou-se um cobrimento de solo residual, classificado como silte arenoso micáceo, medianamente compacta, com espessura entre 0,85 e 1,95 m.
- c) Na faixa compreendida entre a margem direita do rio e a ombreira direita, entre a estaca 11 a 22, a espessura média total do solo é de 5,28m, sendo que, a 25 m a montante da estaca 14 m foi registrado 8 m de espessura. O nível d'água não foi encontrado. Deve-se levar em conta que essa camada de solo é constituída de aluvião e solo residual, este último situa-se entre a aluvião e substrato rochoso e tem espessura média de 2,4 m, por diferença, portanto, a espessura média do solo de aluvião seria 2,88m.
- d) Ainda nessa faixa, entre a estaca 11 a 22, as sondagens rotativas mostraram no substrato uma alternância de gnaisse e biotita-xisto, ocorrendo com elevado grau de alteração e fraturamento na porção mais superficial, melhorando a qualidade à medida que se aprofunda. Há variações grandes no RQD, indo desde zero até 100%. O mergulho das fraturas também oscila muito, ocorrendo fraturas diagonais (45°),



verticais (90°), subhorizontais (30°) e sub-verticais (70°), muitas vezes com aberturas, mostrando superfícies irregulares com marcas de oxidação que indicaram percolação de fluidos. As fraturas ocorrem também algumas vezes, com preenchimento de minerais (biotita, feldspato, clorita, etc.) ou por argila

- e) Via de regra os ensaios Lugeon foram realizados de forma descendente, com espaçamento de 3 metros na rocha, com inserção de um único obturador. Os resultados obtidos nestes ensaios mostram uma variação na permeabilidade do meio rochoso, com perdas desde zero até valores muito elevados, sendo um fator de preocupação quanto à necessidade de tratamento da fundação através de cortina de injeção de cimento. Na ombreira esquerda os ensaios realizados na sondagem da estaca 8+10 indicaram uma perda d'água máxima de 1,13 l/min/m/atm; na margem direita (junto a calha do rio) os ensaios realizados na sondagem do eixo da estaca 10+15 indicaram uma perda máxima de 5,72 l/min/m/atm, na mesma estaca, porém a 25 m para montante, alcançou o máximo de 4,46 l/min/m/atm e, a 25 m para jusante, o máximo de 1,50 l/min/m/atm. Na faixa entre a margem do rio e a ombreira direita, os ensaios elaborados na sondagem da estaca 14 registraram uma perda máxima de 3,22 l/min/m/atm e na estaca 18, zona de rocha mica-xisto associado a anfibolito, o máximo de 1,59 l/min/m/atm. Nos ensaios da estaca 21, próximo ao sopé da ombreira direita, registrou-se a perda d'água máxima de 1,18 l/min/m/atm. Na sondagem da ombreira direita, estaca 26, os ensaios não registraram perda d'água.
- f) comportamento do fluxo de percolação da água nas fraturas apresenta variações, sendo que predominam os casos: “turbulento com fechamento e de “deformação com abertura”, este último sempre verificado quando os valores de perda foram mais elevados.



- g) Na ombreira direita, entre as estacas 22 a 30m, observou-se a ocorrência de grandes afloramentos de gnaisses migmatíticos entre as estacas 23 e 25. No entanto a única sondagem realizada nesta ombreira, SM-9, revelou uma espessura de solo de 1,45 m sobrejacente a uma rocha biotita-xisto muito macia, decomposta e muito fraturada, no seu primeiro metro superficial, e a seguir com dureza classificada de medianamente a muito dura, são e pouco fraturada.

Da campanha de sondagem realizada no sangradouro da barragem, pode-se observar, entre outras coisas, que:

- a) A espessura média do solo de recobrimento sobre o topo rochoso foi avaliada em 2,34 m, sendo os valores limites de 0,50 e 6,80 m. No eixo do sangradouro verificou-se que na região das ombreiras o recobrimento de solo é menos espesso, na ordem de 0,50 a 0,90 m, e na região central alcança cerca de 4,60 m.
- b) Da análise geral das oito sondagens rotativas executadas na área do sangradouro percebe-se que a rocha perfurada constituiu-se predominantemente de biotita-xisto, são, dura a muito dura, ou seja, com características mecânicas indicativas de boa qualidade. Há, porém, alguns casos em que a rocha, mesmo com este grau de sanidade, é bastante fraturada, com baixos valores de RQD, o que acarretou inclusive perda total da água de circulação durante a perfuração.

As observações de campo associadas aos exames dos ensaios laboratoriais permitem os seguintes comentários a cerca dos materiais construtivos estudados para a barragem João Guerra:

- a) As caracterizações realizados (granulometria e limites de Atterberg) nas ocorrências de materiais terrosos, jazidas J-01, J-02, J-03 e J-04, permitiram enquadrar os materiais estudados nos grupos SC (areia argilosa) e CL (areia siltosa) da “Classificação Unificada USC”, que de modo geral apresentam alta resistência à erosão, de média a alta



resistencia ao cisalhamento, impermeabilidade e de regular a boa trabalhabilidade.

- b) O material pétreo necessário para as proteções dos taludes do maciço, transições e enrocamento de pé tem como fonte de obtenção a escavação do substrato rochoso no sangradouro, que apresenta características apropriadas para tais fins. Caso seja necessário a complementação destes volumes indica-se os afloramentos da mesma rocha, na elevação da ombreira direita do sangradouro.
- c) Os bancos de areia dos riachos Treme e Santa Rosa, com permeabilidade média de $4,8 \times 10^{-3}$, são apropriados como fonte de suprimento de agregado miúdo para os concretos e para elemento drenante/ filtrante do sistema de drenagem interna do maciço.

A partir dos estudos hidrológicos elaborados para a barragem João Guerra pode-se fazer as seguintes considerações:

- a) A largura do sangradouro da barragem João Guerra foi definida não em função de condições hidráulicas, mas em função da existência de um trecho de estrada estadual a ser inundada pela barragem e uma ponte. Dessa forma definiu-se a largura como aquela que, para o volume máximo permissível, minimizasse o custo de intervenção na estrada.
- b) A determinação do tamanho do reservatório foi realizada tendo como base o custo mínimo de construção para atingir a menor extensão da estrada CE-366. Assim foi definida a cota 377 como aquela que menos atinge a estrada e proporciona ainda alguma capacidade de regularização ao açude.
- c) Os picos de vazão efluente e lâminas de sangria são mostrados no Quadro 5.1 a seguir, para os períodos de retorno de 1.000 e 10.000 anos.

**Quadro 5.1 – Vazões e lâminas de sangria**

TR = 1.000 ANOS		TR = 10.000 ANOS	
Q(m ³ /s)	h(m)	Q(m ³ /s)	h(m)
330	1,88	377	2,02

- d) Foram obtidas vazões regularizadas com 90%,95% e 99% de garantia a partir do uso do modelo HEC-3. Os resultados destas simulações estão sumarizados no Quadro 5.2 seguir.

Quadro 5.2 – Vazões Regularizadas em l/s

Q(l/s)	FALHAS	GARANTIA(%)
75	105	90%
57	50	95%
35	11	99%

- e) A determinação do tamanho do reservatório foi realizada tendo como base o custo mínimo de construção para atingir o mínimo da estrada CE-366. Assim, foi definida a cota 377 como aquela que menos atinge a estrada e proporciona ainda alguma capacidade de regularização ao açude.
- f) volume acumulado para essa cota é de 7,69 hm³.

Consórcio



MONTGOMERY WATSON

