



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 UMARI VOLUME I - ESTUDOS BÁSICOS Tomo 1 - Relatório Geral do Projeto



MONTGOMERY WATSON





MONTGOMERY WATSON



ÍNDICE

**ÍNDICE****Páginas**

ÍNDICE	1
1. APRESENTAÇÃO	4
2. ESTUDOS TOPOGRÁFICOS	8
2.1. <i>Trabalhos Cartográficos</i>	<i>9</i>
2.2. <i>Transporte de Coordenadas</i>	<i>11</i>
2.3. <i>Transporte de Cota</i>	<i>11</i>
2.4. <i>Levantamento do Eixo Barrável e Sangradouro</i>	<i>12</i>
2.4.1. <i>Locação dos eixos e Implantação de Marcos</i>	<i>12</i>
2.4.2. <i>Nivelamento</i>	<i>13</i>
2.4.3. <i>Levantamento de Seções Transversais</i>	<i>13</i>
2.4.4. <i>Levantamento do Canal de Restituição</i>	<i>14</i>
2.5. <i>Levantamento da Bacia Hidráulica</i>	<i>15</i>
2.5.1. <i>Trabalhos Executados</i>	<i>15</i>
2.5.2. <i>Cobertura Aerofotogramétrica</i>	<i>15</i>
2.5.3. <i>Apoio Básico</i>	<i>18</i>
2.5.3. <i>Aerotriangulação</i>	<i>19</i>
2.5.4. <i>Restituição Fotogramétrica</i>	<i>19</i>
2.5.5. <i>Produtos Entregue</i>	<i>20</i>
2.6. <i>Levantamento de Jazidas</i>	<i>20</i>
2.6.1. <i>Jazidas</i>	<i>21</i>
2.6.2. <i>Areal</i>	<i>21</i>
2.6.3. <i>Pedreiras</i>	<i>22</i>
3. ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS	23
3.1. <i>Geologia Regional</i>	<i>24</i>
3.2. <i>Geologia Local</i>	<i>26</i>
3.3. <i>Levantamento Geológico de Superfície</i>	<i>29</i>
3.4. <i>Investigação do Barramento</i>	<i>30</i>
3.4.1. <i>Sondagens Realizadas</i>	<i>30</i>



3.4.2. Sondagens a Percussão.....	33
3.4.3. Sondagens Mistas.....	35
3.4.4. Ensaios de Campo.....	36
3.5. <i>Investigação do Sangradouro</i>	39
3.5.1. Sondagens Realizadas	39
3.6. <i>Estudo dos Materiais Construtivos</i>	43
3.6.1. Jazidas de Solo.....	43
3.6.2. Areal.....	51
3.6.3. Pedreira.....	51
4. ESTUDOS HIDROLÓGICOS	55
4.1. <i>Ficha Hidrológica</i>	56
4.2. <i>Caracterização da Bacia Hidrográfica</i>	58
4.3. <i>Caracterização Climática</i>	62
4.4. <i>Estudos De Chuvas Intensas</i>	64
4.4.1. Chuvas Máximas Diárias	64
4.4.2. Chuvas Intensas	64
4.5. <i>Estudo de Deflúvios</i>	67
4.6. <i>Estudo das Cheias de Projeto</i>	70
4.7. <i>Dimensionamento do Reservatório</i>	72
4.7.1. Disponibilidade hídrica.....	72
4.7.2. Estudo da Capacidade Econômica do Reservatório	72
5. CONCLUSÕES DECORRENTES DOS ESTUDOS BÁSICOS	74



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 Adutoras 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 Umari**, a qual tem por finalidade a criação de um reservatório no riacho Barrigas, integrante da bacia do rio Jaguaribe, para o abastecimento da população da sede municipal de Madalena, Ceará. Esta barragem fica localizada a 165 km da cidade de Fortaleza, a noroeste do município de Madalena, cujo acesso é feito pela Br – 020.

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

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 4A – Geologia e Geotecnia – Anexos



1. LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A Barragem Umari será formada pelo barramento do rio Barrigas nas coordenadas UTM N 9.468.435 e E 438.305. A barragem situa-se próxima a localidade de Salgadinho, a cerca de 7Km à montante da sede do município de Madalena, inserida na microregião geográfica da Bacia do rio Banabuiú.

Desde Fortaleza, o acesso ao sítio do barramento é feito através da BR-020, onde percorre-se 164Km (ou seja 7Km antes da cidade de Madalena) até a localidade denominada Salgadinho (no lado direito da rodovia). Dentro da concentração urbana de Salgadinho toma-se uma estrada carroçal, em direção a casa do Sr. José André, onde após 800m alcança-se o rio no local do eixo do barramento.

No mapa da figura 1.1 é apresentada a localização do barramento no âmbito do estado do Ceará.



Fonte: Atlas do Ceará - IPLANCE.

FIGURA - 1.1
MAPA DE LOCALIZAÇÃO E ACESSO



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
- Quixadá: nº SB-24-V-B-VI
- Taparuaba: nº SB-24-V-B-II

O contorno da bacia hidrográfica da barragem Umari está apresentado na figura 2.1 a seguir, em escala bastante reduzida, e no desenho I-3A-01/15-000, do **Tomo 3A**, com maiores detalhes.



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 43+8,45, no eixo da barragem Umari, 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		
Marco M-1	00	439.375,228	9.468.346,483	39°32'48,19839"WGr	4°48'34,87267"S
Marco M-3	43+8,45	438.531,131	9.468.496,954	39°33'15,59738"WGr	4°48'29,95033"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 topografia convencional, através de poligonais de nivelamento e contra-nivelamento, tendo sido utilizado para esse trabalho um nível WILD N-1.

Tomou-se como base a RN nº 1678 P do IBGE, situada 23 metros à direita do eixo da BR-020, 6,0 km aquém da ponte sobre o rio Tigre no sentido Madalena - Canindé, nas coordenadas N = 9.468,4 km e E = 439,9 km e cota 336,8183 m.

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



2.4. LEVANTAMENTO DO EIXO BARRÁVEL E SANGRADOURO

Inicialmente foi feito o levantamento topográfico de um eixo situado à aproximadamente 500 metros à jusante da confluência entre os rios Treme e Barrigas, por apresentar condições topográficas muito favoráveis. Em seguida elaborou-se um plano de sondagem, que no decorrer da execução foi suspenso, pois observou-se na região do sangradouro rocha muito decomposta, e na região da barragem um pacote aluvionar espesso, sendo registrado na sondagem mista SM-6 uma profundidade de 15,39 metros de sedimento, o que resultou no descarte deste eixo. Com isso locou-se o eixo definitivo da barragem Umari à aproximadamente 300 metros à jusante do eixo anterior, por apresentar características topográficas e geológicas favoráveis. Esse eixo foi materializado em campo com numeração das estacas seguida da letra “A”, e denominado de eixo Final para diferenciação do eixo preterido de Montante.

Os levantamentos topográficos do eixo da barragem e sangradouro, foram executados através de processos convencionais constando dos seguintes serviços: 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 um Teodolito WILD T-1, 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 ponto de partida, estaca 00A, está localizado na ombreira esquerda, onde foi implantado o marco de concreto M-1. Buscando uma melhor locação seguindo o divisor de águas, se fez necessária uma deflexão de $19^{\circ}30'$, à direita, na estaca 10A, onde o marco M-2 está instalado; e outra de $48^{\circ}00'$, também à direita, na estaca 44A+3,35 no interior de uma casa, obrigando a implantação de dois marcos fora da casa, M-3 e M-4 nas estacas 43A+8,45 e 45A+2,84



respectivamente. Na ombreira direita encontra-se a estaca final do eixo (56A+10,00), onde está instalado o marco M-5, totalizando 1.130 metros de comprimento.

O quadro a seguir apresenta a relação dos marcos implantados.

Marco	Estaca	Coordenadas UTM (m)	
		Este	Norte
M-1	00A	439.375	9.468.346
M-2	10A	439.177	9.468.329
M-3	43A+8,45	438.531	9.468.497
M-4	45A+2,84	438.506	9.468.517
M-5	56A+10,00	438.401	9.468.719

O desenho I-3A-02/15-000 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 Umari, foi realizado utilizando-se um nível WILD N-1, onde foram niveladas todas as estacas do eixo materializado. A partir deste levantamento, gerou-se o perfil longitudinal do terreno natural no eixo, o qual encontra-se apresentado no desenho I-3A-03/15-000, **Tomo 3A**.

No **Tomo 3C** - *Estudos Cartográficos - Cadernetas de Campo* encontra-se a caderneta de nivelamento do eixo barrável e sangradouro.

2.4.3. Levantamento de Seções Transversais

Foram levantadas seções transversais ao eixo da barragem e sangradouro a cada 20 metros, com utilização de nível e mira. As seções abrangeram 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-02/15-000 do **Tomo 3A**, apresenta a planta baixa do eixo da barragem Umari e o seu respectivo sangradouro, com curvas de nível do terreno natural a cada metro, geradas a partir do levantamento topográfico. Já as cadernetas de seções transversais encontram-se no **Tomo 3C - Estudos Cartográficos - Cadernetas de Campo**.

2.4.4. Levantamento do Canal de Restituição

O canal de restituição da barragem Umari, foi levantado plani-altimetricamente através de processos topográficos convencionais, constando de: locação; nivelamento e levantamento de seções transversais.

a) Locação

Locou-se o canal de restituição utilizando-se um Teodolito WILD T-1, 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 04A do eixo da barragem/sangradouro, foi locada a poligonal do canal de restituição com 1.065 metros de extensão, acompanhando o talvegue à jusante que conduzirá o caudal de sangria até o rio Barrigas, como pode ser observado desenho I-3A-02/15-000, do **Tomo 3A**.

A caderneta de locação do canal de restituição, encontra-se no **Tomo 3C - Estudos Cartográficos - Cadernetas de Campo**.

b) Nivelamento e Seções Transversais

Utilizando-se um nível WILD N-1, 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-02/15-000.



No **Tomo 3C** – Estudos Cartográficos – Cadernetas de Campo encontram-se as cadernetas de nivelamento e seções transversais 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 Umari, no município de Madalena, 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 94 km² e mapas digitais na escala 1:5.000, da bacia hidráulica que totalizaram 31,02 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 Umari foram implantados 04 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 Umari 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°31'43,19058" S e longitude 39°23'55,08873" e altitude de 566,53 m.

Foram implantados os vértices M-01 a M-04 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 16 pontos plani-altimétricos denominados de HV-01 a HV-16.

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 rastreamento 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 315 mais 100 metros, para maior segurança dos dados do projeto, perfazendo um total de 31,02 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 Umari:

- Uma coleção de aerofotos na escala do voo, 66 fotos;
- Um foto índice na escala de 1:60.000;
- Monografias dos vértices implantados;
- 01 coleção de CD-ROM, contendo 44 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-04/15-000 até I-3A-14/15-000, do **Tomo 3A**, acordo com o quadro a seguir:

Articulação	Desenho do Tomo 3A
UMARI - A1	I-3A-04/15-000
UMARI - A2	I-3A-05/15-000
UMARI - A3	I-3A-06/15-000
UMARI - A4	I-3A-07/15-000
UMARI - B1	I-3A-08/15-000
UMARI - B2	I-3A-09/15-000
UMARI - B3	I-3A-10/15-000
UMARI - B4	I-3A-11/15-000
UMARI - C1	I-3A-12/15-000
UMARI - C2	I-3A-13/15-000
UMARI - C3	I-3A-14/15-000

2.6. LEVANTAMENTO DE JAZIDAS

As áreas das ocorrências de materiais construtivos para execução da barragem Umari, foram amarradas a partir do eixo barrável, através de poligonais locadas com a utilização de um teodolito WILD T-1. As ocorrências objeto do levantamento planimétrico foram: Jazidas J-1 e J-2 de material terroso; Areal; e Pedreira.



2.6.1. Jazidas

Foram estudadas duas jazidas para construção da barragem de terra. Inicialmente locou-se a poligonal de amarração das jazidas J-1 e J-2 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, a área levantada e a distância de cada jazida, do primeiro furo locado ao eixo barrável.

Local	Quantidade de Furos	Área (ha)	Dist. ao eixo (m)
Jazida J-1	229	42,64	77,00
Jazida J-2	52	8,10	923,00

No **Tomo 3A**, desenho I-3A-15/15-000, apresenta a localização das jazidas e no **Tomo 3C**, encontram-se as cadernetas de locação.

2.6.2. Areal

Para execução do filtro de areia e fonte de fornecimento de agregado miúdo para concretos da barragem Umari, foram realizadas investigações geotécnicas por meio de poços à pá e picareta, ao longo do areal do rio Barrigas. O quadro a seguir apresenta as coordenadas destes poços.

Furo	Coordenadas UTM (m)	
	Este	Norte
01	438.738	9.468.186
02	438.785	9.468.329
03	438.830	9.468.472
04	438.890	9.468.610
05	438.966	9.468.740
06	438.978	9.468.890
07	439.004	9.469.036
08	439.075	9.469.166
09	439.129	9.469.306
10	439.249	9.469.393
11	439.309	9.469.532
12	439.248	9.469.669
13	439.249	9.469.818



Furo	Coordenadas UTM (m)	
	Este	Norte
14	439.385	9.469.879
15	439.520	9.469.949
16	439.650	9.470.024

2.6.3. Pedreiras

A pedreira de onde será extraído o material pétreo necessário para a construção da barragem, foi locada através de uma poligonal com aproximadamente 770 metros de extensão. As investigações na pedreira, foram realizadas por meio de sondagens rotativas, as quais estão locadas e apresentadas no quadro a seguir:

Sondagem	Cota (m)	Coordenadas UTM (m)	
		Este	Norte
FP-1	331,284	437.982	9.468.252
FP-2	323,496	438.061	9.468.216
FP-3	333,102	438.015	9.468.184

Selecionou-se, também, duas outras ocorrências alternativas que situam-se, uma na margem da BR-020, em local anteriormente explorado para a construção da própria rodovia, e a outra na ombreira esquerda a cerca de 500 metros à montante do eixo, próxima ao povoado de Salgadinho. Estas alternativas não foram sondadas mecanicamente e suas localizações foram aferidas com GPS manual, registrando-se:

Pedreira Alternativa	Coordenadas UTM (m)	
	Este	Norte
Margem da BR-020	438.926	9.467.126
Ombreira Esquerda (500 m à montante)	439.355	9.469.012

A localização das pedreiras pode ser observada no desenho I-3A-15/15-000 do **Tomo 3A**, enquanto a caderneta de locação está apresentada no **Tomo 3C**.



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 principal o Mapa Geológico do Ceará, em escala 1:500.000, elaborado em 1983, e o Projeto Fortaleza (convênio DNPM/CPRM), 1981.

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

A feição estrutural mais importante é a falha do Rio Groaíras, que possui direção NW-SE, com rejeito à esquerda e se estende por mais de 150Km. A estruturação linear das rochas presentes na área é afetada por falhamentos, acarretando uma mudança na foliação com relação ao “trend” regional que é NE-SW, passando a dominar a orientação segundo NW-SE, condicionada por uma sequência de dobramentos anticlinais e sinclinais.

A rede hidráulica na região é comandada pelas bacias do rio Banabuiú e sub-bacia do rio Quixeramobim, refletindo as condições climáticas da região, com rios e riachos intermitentes, fluindo somente na época das chuvas e secando completamente no período de estiagem.

As feições morfológicas são condicionadas aos tipos litológicos identificados, pertencendo via de regra ao extenso pediplano de rochas cristalinas que predomina na região.

No âmbito regional, com referência ao Pré-Cambriano, foram identificadas cinco unidades lito-estratigráficas, diferenciadas e agrupadas com base nas características litológicas, portanto, indiferenciadas estratigraficamente, sem que



seja estabelecida sua sucessão espacial e temporal, distinguindo as seguintes unidades:

Complexo Caicó: ocupando a maior parte da área e definido litologicamente por uma sequência constituída de gnáisses variados, incluindo lentes de metarcósios, anfíbolitos, quartzitos e calcários cristalinos subordinados, além de migmatitos com estruturas diversas, desde as mais foliadas, próprias dos gnáisses, até as mais homogêneas, como a dos anatexitos. As fácies gnáissicas mais comuns são biotita-gnáisses e hornblenda-biotita-gnáisses, muitas vezes ricos em biotita e em alguns locais enriquecidos com moscovita.

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

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

Diques ácidos: esta unidade 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.

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. São de idade quaternária.

Na Fig. 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.

3.2. GEOLOGIA LOCAL

A geologia local no sítio onde se situará barramento, sangradouro e bacia hidráulica é constituída litologicamente por rochas que compõem todas as unidades citadas na geologia regional. Há um predomínio das rochas cristalinas Pré-Cambrianas que formam o complexo gnaissico-migmatítico denominado de Complexo Caicó, muitas vezes recortadas por veios de quartzo e rochas pegmatíticas que formam os diques ácidos. Foram identificadas ocorrências de rochas plutônicas granulares, constituídas principalmente por granitos, ora do tipo equigranular, ora do tipo porfiróide, em alguns locais apresentando orientação dos seus constituintes mineralógicos, com granulação também variável, podendo ser fina, média ou grossa. Essas rochas formam corpos alongados segundo a direção preferencial NW-SE, concordante com a foliação da rocha encaixante que é representada pelos gnaisses migmatíticos. Também de forma concordante com a foliação dominante, ocorre uma extensa e estreita faixa de micaxistos, ricos em biotita, com xistosidade bem acentuada, algumas vezes intercalados com hornblenda-biotita-gnaisses e com lentes de anfibolitos. Ainda de forma menos expressiva foram visualizadas próximo ao local do eixo da barragem auxiliar ocorrências de quartzito intercaladas entre os granitos e o micaxisto.



Ao longo dos rios Treme, Umari e Sabonete se formam os depósitos aluvionares, compostos predominantemente de areias de granulometria média a grossa, nos leitos dos rios, e de silte areno-argiloso nas margens , algumas vezes formando extensos e planos terraços aluvionares A lineação estrutural predominante, visualizada nas fotografias aerofotogramétricas e checadas em campo, em toda a extensão da bacia hidráulica, se dá segundo a direção NW-SE.



GEOLOGIA REGIONAL

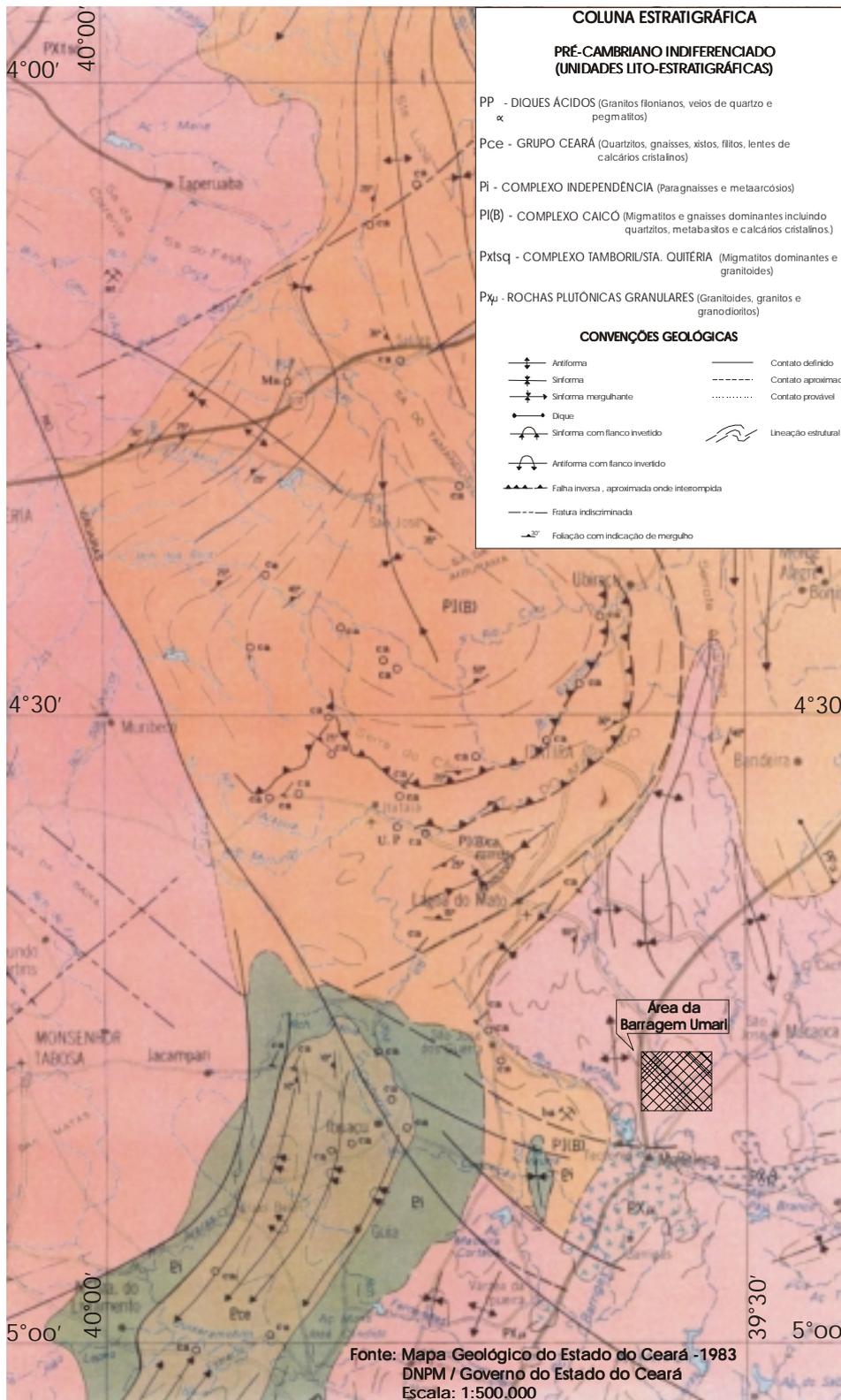


Fig. Nº 3.1



3.3. LEVANTAMENTO GEOLÓGICO DE SUPERFÍCIE

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

Ao longo do eixo locado para a barragem e o sangradouro, abrangendo uma faixa de 150m para montante e para jusante, foram estudadas as ocorrências e mapeados os principais afloramentos contendo rocha em superfície. Nesses afloramentos foram tiradas medidas de foliação e fraturas que indicaram uma atitude predominante nos gnaisses e biotita-xistos segundo $N160^{\circ}/47^{\circ}NE$, ou seja, a direção preferencial da foliação é NW-SE.

Ao longo do eixo estaqueado a cada 20 metros foram identificadas as seguintes litologias:

Da estaca **00A a 21A**: Gnaisses leucocráticos e biotita-gnaisses de cor cinza clara, textura gnáissica com alternância de finos leitos claros e escuros, algumas vezes migmatizados, formando bandas e constituídos mineralogicamente, principalmente, de feldspatos, quartzo e biotita. Entre as estacas 00A a 10A ficará localizado o sangradouro. A foliação da rocha no local não apresenta de todo uma situação meramente favorável com relação ao fluxo da água, que se comportará obliquamente à direção da foliação. Contudo, a pior situação seria uma disposição paralela entre ambas as direções. Ainda na área compreendida entre as estacas 00A a 21A foram visualizados alguns traços de fraturas não comprometedoras indicadas à montante e à jusante com variadas direções, destacando-se entre elas uma fratura situada quase perpendicularmente ao eixo locado, entre as estacas 08A e 09A, preenchida por um veio de pegmatito, com extensão aproximada de 170m.

Da estaca **21A a 37A + 13,00m**: Faixa de aluvião formada pelo Rio Umari, com terraços aluvionares na margem esquerda, entre as estacas 21A e 25A + 15,00m e na margem direita entre as estacas 29A + 8,00m e 37A + 13,00m, ficando a calha do rio situada numa faixa com aproximadamente 70m de largura entre as estacas 25A + 15,00m e 29A + 8,00m. O solo que compõe as aluviões é



constituído basicamente de silte areno-argiloso de granulometria fina, de cor cinza e amarela, contendo mica. No leito do rio ocorre areia fina a média, com pedregulhos de quartzo e feldspato.

Da estaca **37A + 13,00m a 56A**: Ocorrem as rochas graníticas, que fazem contato no eixo com a aluvião e se desenvolvem formando um corpo plutônico para montante. Nessa mesma área, à jusante, ocorrem rochas xistosas, classificadas como biotita-xistos, fazendo contato com as aluviões e permanecendo em contato com o granito, sempre próximo do eixo até a estaca 49, onde, após uma pequena passagem de aluvião, cortando o eixo da barragem auxiliar prevista, aparece uma faixa de rochas quartzíticas fazendo contato com os xistos e granitos. Na estaca 52A - 9,00m à jusante do eixo da barragem auxiliar, dentro de uma vala executada para o sangradouro de um pequeno açude existente, é visível o contato litológico entre o granito, quartzito e o bitita-xisto.

3.4. INVESTIGAÇÃO DO BARRAMENTO

3.4.1. Sondagens Realizadas

As investigações geotécnicas realizadas no local 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.

Iniciou-se as sondagens mecânicas num eixo escolhido pelas suas condições topográficas favoráveis. Posteriormente, com o andamento das investigações, foram verificadas condições geotécnicas adversas na calha do rio e no local do sangradouro, que inviabilizaram a escolha do eixo. Este eixo descartado foi chamado Eixo Montante. Pesquisou-se novas alternativas e foi eleito um eixo a cerca de 300m a jusante que mostrou-se geotecnicamente favorável, dito Eixo Final.

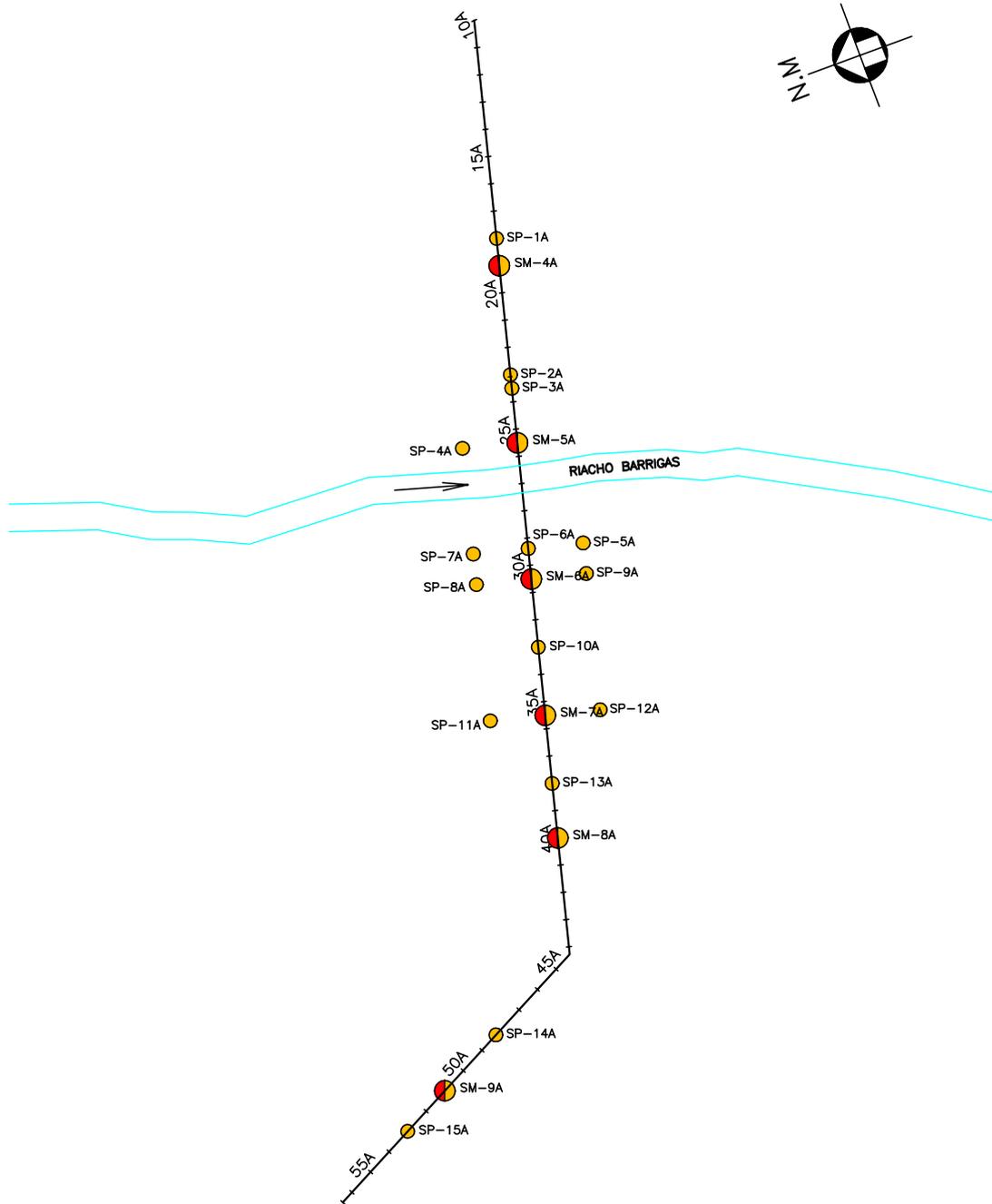
No eixo adotado (Final) foram realizadas 21 prospeções mecânicas, sendo 15 sondagens à percussão e 6 sondagens mistas (iniciada por processo percussivo e prosseguida com sonda rotativa). No eixo montante (descartado) foram



executadas 18 prospeções mecânicas, constando de 10 à percussão e 8 mistas. A localização de todos os furos da campanha de sondagens é indicada na figura nº 3.2, apresentada a seguir.

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 furos de sondagens no eixo da barragem. No trecho em solo das sondagens mistas e nas percussivas, estes testes consistiram de ensaios de infiltração de carga e vazão constante (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.

INVESTIGAÇÃO NO BARRAMENTO





Todos os furos de sondagem foram referenciados ao eixo topográfico implantado e tiveram suas coordenadas UTM registradas. Altimetricamente tiveram as cotas das bocas levantadas através de nivelamento topográfico.

3.4.2. Sondagens a Percussão

No eixo de Montante (descartado) foram realizadas 10 sondagens à percussão e no eixo Final (adotado) foram executadas 15 destas investigações, perfazendo um total de 203,65 m. Nas Tabelas N° 3.1 e 3.2, a seguir, são relacionadas as sondagens percussivas executadas no eixo Montante e Final, suas referências plani-altimétricas, as extensões investigadas, o menor valor de SPT registrado ao longo da sondagem e sua correspondente compactidade ou consistência. No **Tomo 4 A- Geologia e Geotecnia- Anexos** são apresentados os perfis individuais de todas as sondagens

TABELA Nº3.1: INVESTIGAÇÃO GEOTÉCNICA NO EIXO DA BARRAGEM UMARI							
SONDAGEM PERCUSSIVA - EIXO MONTANTE (descartado)							
Nº	Estaca	Coordenadas (UTM)		Cota (m)	Extensão Sondada (m)	SPT Mínimo (N)	Compactidade ou Consistência Mínima
		Este (X)	Norte (Y)				
SP-1	9 (40m Montante)	439.089	9.468.759	303,143	2,55	5	Pouco compacta
SP-2	9 (40m Jusante)	439.081	9.468.679	301,666	0,97	23	Medianamente compacta
SP-3	12 (eixo)	439.026	9.468.725	300,597	3,73	5	Pouco compacta
SP-4	18 (eixo)	438.906	9.468.738	300,248	10,04	3	Fofa
SP-5	21 (40m Montante)	438.851	9.468.784	299,788	15,08	4	Fofa
SP-6	21 (40m Jusante)	438.842	9.468.704	299,408	14,84	4	Fofa
SP-7	23 + 10 (eixo)	438.797	9.468.749	299,506	13,70	3	Fofa
SP-8	27 (eixo)	438.727	9.468.756	299,452	9,45	3	Fofa
SP-9	27 (40m Montante)	438.751	9.468.796	299,417	14,06	2	Fofa
SP- 10	27 (40m Jusante)	438.723	9.468.717	299,117	11,75	6	Pouco compacta

**TABELA Nº3.2 : INVESTIGAÇÃO GEOTÉCNICA NO EIXO DA BARRAGEM UMARI
SONDAGEM PERCUSSIVA - EIXO FINAL**

Nº	Estaca	Coordenadas (UTM)		Cota (m)	Extensão Sondada	SPT Mínimo	Compacidade ou Consistência Mínima
		Este (X)	Norte (Y)				
SP - 1 A	18 (eixo)	439.022	9.468.369	303,84	4,96	29	Medianamente compacta
SP - 2 A	23 (eixo)	438.925	9.468.394	299,423	2,75	5	Pouco compacta
SP - 3 A	23+10 (eixo)	438.916	9.468.397	299,652	3,67	5	Pouco compacta
SP - 4 A	25 +10 (40m Montante)	438.887	9.468.446	296,745	4,08	4	Fofa
SP - 5 A	29 + 7 (40m Jusante)	438.792	9.468.388	296,305	12,03	3	Fofa
SP - 6 A	29 + 7 (eixo)	438.802	9.468.426	295,983	6,91	3	Fofa
SP - 7 A	29 +7 (40m Montante)	438.812	9.468.465	296,095	3,94	4	Fofa
SP - 8 A	30 +10 (40m Montante)	438.790	9.468.471	296,938	8,45	6	Pouco compacta
SP - 9 A	30 +10 (40m Jusante)	438.770	9.468.393	296,429	10,80	3	Fofa
SP - 10 A	33 (eixo)	438.732	9.468.445	298,956	13,75	3	Fofa
SP - 11 A	35+ 10 (40m Montante)	438.693	9.468.496	298,148	13,98	5	Pouco compacta
SP - 12 A	35+ 10 (40m Jusante)	438.673	9.468.419	298,711	14,28	4	Fofa
SP - 13 A	38 (eixo)	438.635	9.468.470	299,326	4,23	17	Compacta
SP - 14 A	48+5 (B. Auxiliar)	438.477	9.468.572	308,994	2,43	30	Compacta
SP - 15 A	53 (B. Auxiliar)	438.433	9.468.657	309,181	1,22	36/13	Muito compacta
SP - 16 A	2+8 (40mM)	439.325	9.468.382	319,200	0,44		
SP - 17 A	2+10 (70mM)	439.320	9.468.411	319,080	1,45		
SP - 18 A	3 (100mM)	439.308	9.468.440	319,590	0,75		
SP - 19 A	5 (140mM)	439.264	9.468.477	315,500	0,50		
SP - 20 A	400 (Can. Sang.)	439.261	9.467.941	300,000	0,69		
SP - 21 A	550 (Can. Sang.)	439.138	9.467.865	301,000	6,20		
SP - 22 A	15 (eixo)	439.080	9.468.354	308,610	0,50		
SP - 23 A	41+10 (eixo)	438.567	9.468.488	310,500	0,65		



3.4.3. Sondagens Mistas

Ao longo do eixo de Montante foram realizadas 7 sondagens mistas e no eixo Final 6 destas investigações, totalizando, portanto, 218,44 m de extensão perfurada, consistindo de 93,88 m através de processo percussivo e 124,56 m por processo rotativo. As sondagens mistas foram iniciadas a percussão e prosseguidas por meio de rotação. Os trechos de sondagem rotativa foram executados com coroa NX de diamante acoplada a um barrilete duplo. A sonda utilizada foi a MACH-850 e a SS21-SONDEC. Para cada operação do barrilete foram registradas a percentagem de recuperação e o número de peças, dados que estão indicados nos perfis de sondagens.

Nas Tabelas Nº 3.3 e 3.4, a seguir, são relacionadas as sondagens mistas nos eixos Montante e Final, informadas suas referências plani-altimétricas, as extensões investigadas por processo percussivo e rotativo, e a descrição da rocha predominante.

TABELA Nº3.3: INVESTIGAÇÃO GEOTÉCNICA NO EIXO DA BARRAGEM UMARI								
SONDAGEM MISTA - EIXO MONTANTE (descartado)								
Nº	Estaca	Coordenadas (UTM)		Cota (m)	Extensão (m)		SPT Min.	Rocha Predominante
		Este (X)	Norte (Y)		Percussão	Rotativa		
SM-1	5 + 10	439.155	9.468.712	304,273	3,47	9,03	2	Gnaisse, moder. dura a muito dura, gran fina, foliada
SM-2	9	439.085	9.468.719	299,687	1,49	12,01	7	Gnaisse, muito dura, gran fina, foliada
SM-3	15	438.966	9.468.731	296,075	6,10	15,04	3	Gnaisse, moder. dura a muito dura, gran fina, foliada
SM-4	15 (40m Mont)	438.970	9.468.771	296,077	6,65	14,35	2	Biotita xisto, muito dura, gran fina, xistosa
SM-5	15 (40m Jus.)	438.962	9.468.692	296,075	1,49	15,01	4	Gnaisse, macia a muito dura, gran fina, foliada
SM-6	21	438.847	9.468.744	299,302	15,39		3	Não avançou no substrato rochoso
SM-7	28	438.707	9.468.758	298,974	5,93		6	Não avançou no substrato rochoso

**TABELA Nº3.3: INVESTIGAÇÃO GEOTÉCNICA NO EIXO DA BARRAGEM UMARI
SONDAGEM MISTA - EIXO MONTANTE (descartado)**

Nº	Estaca	Coordenadas (UTM)		Cota (m)	Extensão (m)		SPT Min.	Rocha Predominante
		Este (X)	Norte (Y)		Percussão	Rotativa		
SM-8	30+10	438.658	9.468.764	304,957	7,03		22	Não avançou no substrato rochoso

**TABELA Nº3.4: INVESTIGAÇÃO GEOTÉCNICA NO EIXO DA BARRAGEM UMARI
SONDAGEM MISTA - EIXO JUSANTE (FINAL)**

Nº	Estaca	Coordenadas (UTM)		Cota (m)	Extensão (m)		SPT Min.	Rocha Predominante
		Este (X)	Norte (Y)		Percussão	Rotativa		
SM-4 A	19 (Eixo)	439.003	9.468.374	302,475	5,86	10,14	13	Biotita Xisto muito macia a muito dura, gran fina xistosa
SM-5 A	9	438.877	9.468.407	296,942	7,19	8,81	4	Biotita Xisto muito macia a muito dura, gran fina xistosa
SM- 6 A	30+ 10	438.780	9.468.432	296,997	13,18	12,38	3	Biotita Xisto muito macia a muito dura, gran fina xistosa
SM- 7 A	35+ 10	438.683	9.468.457	298,764	14,60	9,29	4	Biotita Xisto dura a muito dura, gran fina xistosa
SM-8 A	40	438.616	9.468.475	304,579	3,15	9,85	21	Biotita Xisto muito macia a dura, gran fina xistosa
SM-9 A	51 (B Aux)	438.452	9.468.621	302,783	2,35	8,65	14	Biotita Xisto macia a muito dura, gran fina xistosa

3.4.4. Ensaios de Campo

Nas sondagens mistas, trecho em solo, e nas sondagens percussivas foram executados ensaios de infiltração do tipo Lefranc, para a determinação do coeficiente de permeabilidade “*in situ*” do substrato terroso. O número de ensaios e a permeabilidade máxima (cm/s) encontradas por furo são relacionadas nas Tabelas nos 3.5 e 3.6, e os resultados de cada ensaio são apresentados nos boletins de sondagens individuais e em fichas de cálculo no **Tomo 4 A**.



No trecho em rocha das sondagens SM-01 a SM-05, eixo Montante, e SM-4 A a SM-9 A, eixo Final, 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. O número de ensaios e a perda específica máxima encontrada por furo são relacionadas, também, nas Tabelas nos 3.5 e 3.6, e os resultados de cada ensaio são apresentados nos boletins de sondagens individuais no **Tomo 4 A**.

TABELA Nº3.5: INVESTIGAÇÃO GEOTÉCNICA NO EIXO DA BARRAGEM UMARI ENSAIOS DE CAMPO - EIXO MONTANTE (Descartado)							
Nº	Estaca	Extensão Sondada	Nº de Ensaios Lefranc	Nº de Ensaios Lugeon	Máxima Permeab. Registrada (cm/s)	Máxima Perda água Específica Registrada	Profundidade de máxima Permeab. / Perda Água
SM-1	5 + 10 (eixo)	12,50	2	3	9,1x10E-4	1,14	1,5 a 2,0 / 4,0 a 7,0
SM-2	9 (eixo)	13,50	1	4	4x10E-5	0,23	1,0 a 1,46 / 2,0 a 5,0

TABELA Nº3.5: INVESTIGAÇÃO GEOTÉCNICA NO EIXO DA BARRAGEM UMARI ENSAIOS DE CAMPO - EIXO MONTANTE (Descartado)							
Nº	Estaca	Extensão Sondada	Nº de Ensaios Lefranc	Nº de Ensaios Lugeon	Máxima Permeab. Registrada (cm/s)	Máxima Perda água Específica Registrada	Profundidade de máxima Permeab. / Perda Água
SM-3	15 (eixo)	21,14	5	5	1,6x10E-3	1,90	5,0 a 6,0 / 6,5 a 9,5
SM-4	15 (40m M)	21	7	3	4x10E-4	0,19	6,5 a 9,5 / 15,0 a 18,0
SM-5	15 (40m J)	16,50		5		0,16	/ 8,0 a 11,0
SM-6	21 (eixo)	15,39	15		10E-2		11,5 a 12,0
SM-7	28 (eixo)	5,93	5		3,8x10E-5		5,0 a 5,93
SM-8	30+ 10 (eixo)	7,03	6		6,3x10E-5		6,0 a 7,03

Perda D'água em l/min/m/atm

**TABELA Nº3.6: INVESTIGAÇÃO GEOTÉCNICA NO EIXO DA BARRAGEM UMARI
ENSAIOS DE CAMPO - EIXO FINAL**

Nº	Estaca	Extensão Sondada	Nº de Ensaios Lefranc	Nº de Ensaios Lugeon	Máxima Permeab. Registrada (cm/s)	Máxima Perda água Específica Registrada	Profundidade de máxima Permeab. / Perda Água
SM - 4A	19 (eixo)	18.94		5		0,24	/7,0 a 10,0
SM - 5A	25+10 (eixo)	16.0	7	3	2,9x10E-4	0,34	2,5 a 3,00 /14,0 a 16,0
SM - 6A	30+10 (eixo)	25.56	12	4	5,7x10E-3	0,34	10,5 a 11,0 /14,0 a 17,0
SM - 7A	35+10 (eixo)	23.89	14	3	1,7x10E-3	0,07	13,5 a 14,0 /15,0 a 18,0
SM - 8A	40 (eixo)	13	3	3	9,8x10E-5	0,31	1,5 a 2,0 /10,0 a 13,0
SM - 9A	51 (eixo)	11.0	2	3	2,3x10E-5	0,13	6,0 a 9,0 /1,5 a 2,0
SP - 1A	18 (eixo)	4,96	4,00		1,7x10E-5		3,5 a 4,0
SP - 2A	23 (eixo)	2,75	2,00		2,9x10E-5		
SP - 3A	23+10 (eixo)	3,67	3,00		9,6x10E-4		2,5 a 3,0
SP - 4A	25+10 (40m Mont.)	4,08	3,00		5,7x10E-4		1,5 a 2,0
SP - 5A	29+7 (40m Jus.)	12,03	11,00		8,8x10E-4		3,5 a 4,0
SP - 6A	29+7 (eixo)	6,91	6,00		1,1x10E-3		2,5 a 3,0
SP - 7A	29+7 (40m Mont.)	3,94	3,00		9x10E-4		1,5 a 2,0
SP - 8A	30+10 (40m Mont.)	8,45	8,00		10E-3		7,5 a 8,0
SP - 9A	30+10 (40m Jus.)	10,80	10,00		1,2x10E-3		6,5 a 7,0
SM - 10A	33 (eixo)	13,75	13,00		1,2x10E-2		6,5 a 7,0
SM - 11A	35+10 (40m Mont)	13,98	13,00		8,3x10E-4		10,5 a 11,0
SM - 12A	35+10 (40m Jus.)	14,28	14,00		2,3x10E-3		14,0 a 14,28
SM - 13A	38 (eixo)	4,23	4,00		4,1x10E-6		2,5 a 3,0
SP - 14A	48+5 (eixo)	2,43	2,00		4,9x10E-6		1,5 a 2,0



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.

As investigações geotécnicas foram iniciadas no eixo de Montante e, como consequência dos resultados obtidos, paralisadas e reiniciadas em outro eixo, situado a jusante do primeiro e dito eixo Final.

As campanhas executadas na pesquisa dos locais do sangradouro totalizaram 11 sondagens mistas, com 159,26 m, sendo 60,67 m com percussão e 98,59 m com sonda rotativa.

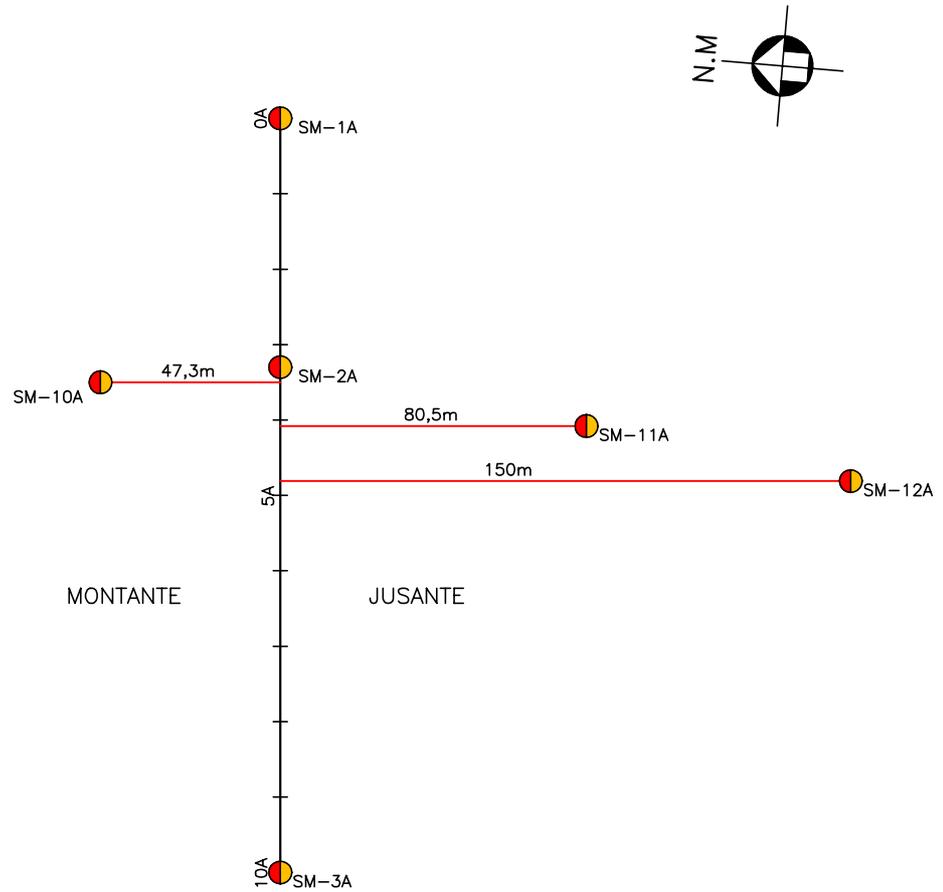
A Tabela Nº 3.7 mostra a identificação dos furos executados na primeira campanha, isto é, no eixo Montante (descartado).

TABELA Nº 3.7: INVESTIGAÇÃO GEOTÉCNICA DA BARRAGEM UMARI SANGRADOURO (EIXO MONTANTE)								
Nº	Estaca	Coordenadas (UTM)		Cota (m)	Extensão (m)		Rocha Predominante	Grau de intemperismo
		Este (X)	Norte (Y)		Percus.	Rotat.		
SM-9	34	405.384	9.616.318	312.393	13,03	8,33	Gnaisse, macia a dura, foliada, intercalada c/5 m solo residual	Moderadam Intemper.
SM-10	53	405.443	9.616.327	320.474	8,12	13,19	Biotita xisto, macia a moder. dura gran. fina, xistosa	Levemente. Intemper.
SM-12	37	405.436	9.616.376	311.549	11,44	8,21	Biotita xisto, macia a muito dura, gran. fino, foliada	Sã
SM-13	37 (20 m Montante)	405.502	9.616.335	310.950	10,00	7,16	Gnaisse muito macia a muito dura, gran. fina, foliada	Moderadam Intemper.
SM-15	40	405.245	9.616.297	317.529	3,45	12,00	Gnaisse muito dura, gran. fina, foliada	Levemente Intemper.



Diante das condições geotécnicas encontradas no eixo anterior deslocou-se o eixo da barragem para jusante onde, selecionou-se uma sela topográfica na ombreira esquerda para possível sangradouro. Nesse local foram realizadas 6 sondagens mistas, sendo 3 no eixo, 1 para montante e 2 para jusante, conforme pode ser visto na figura nº 3.3. Na Tabela Nº 3.8 mostra -se a campanha de sondagens executada na região do sangradouro deste novo eixo (eixo Final).

INVESTIGAÇÃO NO SANGRADOURO



MONTGOMERY WATSON



BARRAGEM UMARI

ESCALA:

1:2.000

DATA:

JAN./2002

FIGURA N° :

3.3

**TABELA Nº 3.8: INVESTIGAÇÃO GEOTÉCNICA DA BARRAGEM UMARI
SANGRADOURO (EIXO FINAL)**

Nº	Estaca	Coordenadas (UTM)		Cota (m)	Extensão (m)		Rocha Predominante	Grau de intemperismo
		Este (X)	Norte (Y)		Percus.	Rotat.		
SM-1 A	0 - 7,40	439.376	9.468.346	321,592	6,12	6,53	Gnaisse, moder. dura a muito dura, gran. fina, foliada	Sã
SM-2 A	3+6,0	439.310	9.468.340	316,425	1,19	8,11	Biotita xisto moder. dura gran. fina, xistosa	Moderadam. Intemper.
SM-3 A	10	439.276	9.468.337	318,266	2,17	7,92	Biotita xisto moder. dura e veio de pegmatito dura	Levemente Intemper.
SM-10 A	3+ 10 (47,3 m Montante)	439.302	9.468.387	317,488	0,50	6,64	Gnaisse dura a muito dura, gran. fina, foliada	Sã
SM-11 A	4+ 1,60 (80,5 m Jusante)	439.302	9.468.258	309,116	3,60	9,25	Biotita xisto macia a muito. dura gran. fina, xistosa	Levemente Intemper.
SM-12 A	4+16,2 (150 m Jusante)	439.293	9.468.188	305,596	1,05	11,25	Biotita xisto macia a dura e gnaisse muito dura foliada	Biotita leve a alta intemp. e gnaisse sã
SM-16 A	7 + 10 (eixo)	439.227	9.468.333	316,00	0,74	7,26		
SM-17 A	5 + 10 (12mM)	439.265	9.468.348	316,00	0,85	7,15		
SM-18 A	6 (50mM)	439.252	9.468.385	313,50	0,50	5,50		
SM-19 A	5 (23mJ)	439.274	9.468.360	316,00	1,80	4,20		
SM-20 A	3 + 10 (20mM)	439.305	9.468.360	317,80	1,80	8,33		
SM-21 A	1+10 (35mM)	439.343	9.468.378	319,95	0,50	11,52		
SM-22 A	1+10 (eixo)	439.346	9.468.343	319,07	0,50	8,50		

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



Todos os furos de sondagem foram referenciados ao eixo topográfico implantado e tiveram suas coordenadas UTM registradas. Altimetricamente tiveram as cotas das bocas levantadas através de nivelamento topográfico.

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 2 jazidas de solos, um areal, uma pedreira e duas outras áreas alternativas de afloramentos, cuja situação em relação ao eixo pode ser vista na figura nº 3.4 a seguir.

A rocha pouco alterada originária da escavação obrigatória do sangradouro deverá ser utilizada como material pétreo nas diversas etapas da construção da barragem. No entanto, para possível complementação dos volumes, sondou-se um afloramento na ombreira direita, dito Pedreira P-01, e identificou-se mais duas áreas no lado esquerdo.

3.6.1. Jazidas de Solo

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 nº 3.5 a 3.6, a seguir. 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.

A jazida J-01, situada na ombreira direita, a montante e jusante do eixo, distante cerca de 0,6 km do eixo, consta de uma área de solo silto areno argiloso, com presença de pedregulhos, cuja profundidade investigada variou de 0,40 a 0,90 m.



O material constitui-se predominantemente de solos SC que poderão ser utilizados em qualquer zona do maciço da barragem.

A jazida J-02 situa-se a jusante do eixo, na ombreira esquerda, e é constituída de solos silto areno argilosos, com pouco pedregulho, com uma espessura variável de 0,50 a 1,10 m. O material constitui-se, também, de solos SC que poderão ser empregados na execução de um maciço homogêneo. A área dista cerca de 0,9 km para o eixo e está fora da bacia hidráulica da barragem.

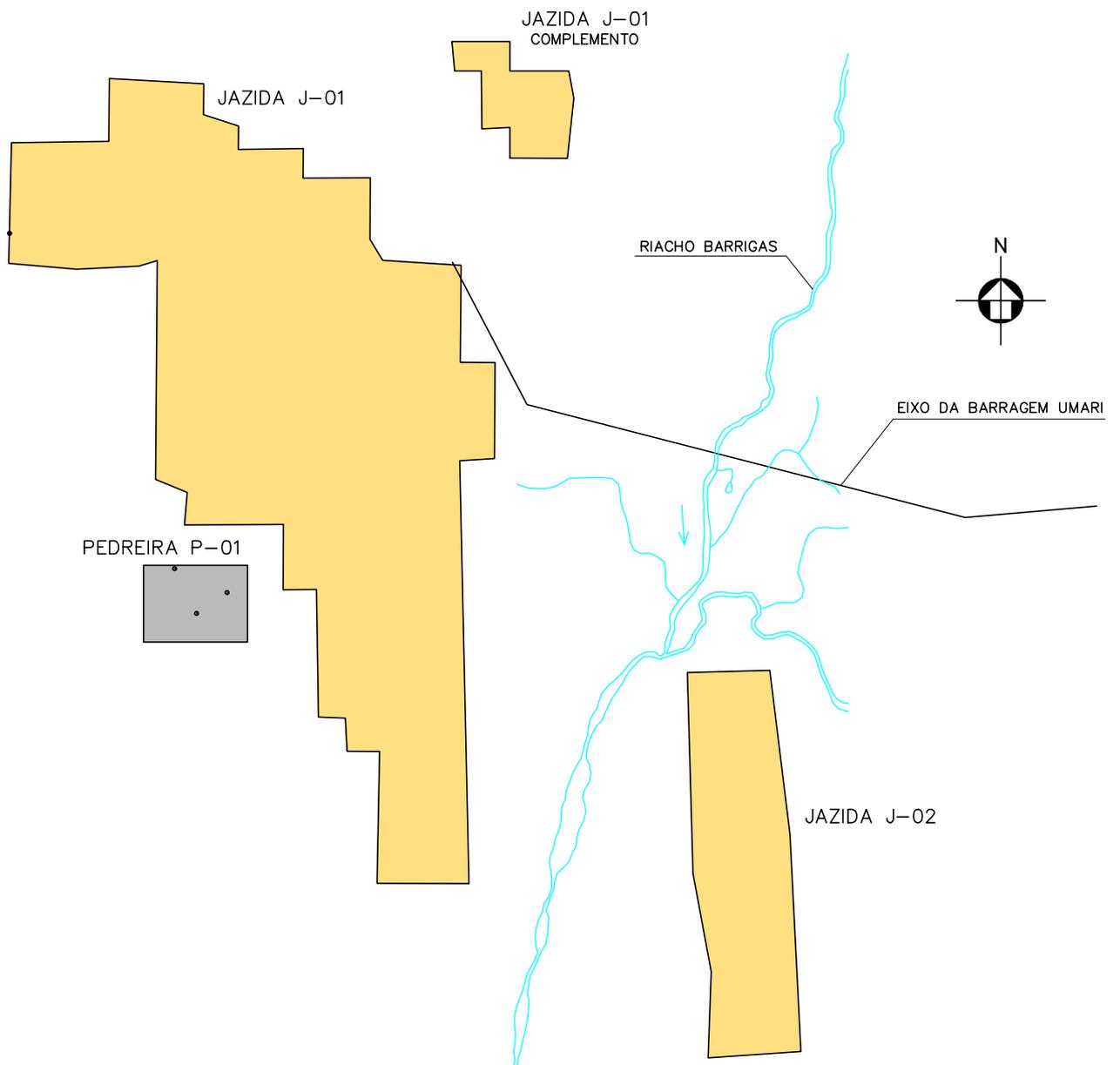
A tabela 3.9 apresenta um resumo de características gerais das jazidas estudadas.

Tabela 3.9: Características Gerais das Jazidas		
	Jazida J - 01	Jazida J - 02
Proprietários	João de Pinho	Antônio Coriolano Jucá Souza
Área Estudada (m²)	424.202	80.636
Nº de poços executados	229	52
Espessura média do expurgo (m)	0,10	0,10
Espessura média de material utilizável (m)	0,53	0,70
Volume de expurgo (m³)	42.420	8.063
Volume de material utilizável (m³)	224.827	56.445
Distância ao eixo da barragem (m)	643	866

Na tabela 3.10 são apresentados um quadro resumo contendo os volumes utilizáveis e expurgáveis, bem como o volume total de material disponível nas jazidas.

Tabela 3.10: Volume de Materiais das Jazidas		
Local	Volume (m³)	
	Utilizável	Expurgável
Jazida J - 01	224.827	42.420
Jazida J - 02	56.445	8.064
Volume Total	281.272	50.484

LOCALIZAÇÃO DAS OCORRÊNCIAS
DE MATERIAIS CONSTRUTIVOS



MONTGOMERY WATSON



BARRAGEM UMARI

ESCALA:

1:10.000

DATA:

JAN./2002

FIGURA N° :

3.4



Em furos representativos das jazidas foram coletadas amostras, as quais foram enviadas ao laboratório e submetidas a campanha de ensaios geotécnicos, a saber:

- Granulometria por Peneiramento (DNER-ME 80-64)
- Granulometria por Sedimentação (DNER-ME 51-64)
- Limite de Liquidez (DNER-ME 44-71)
- Limite de Plasticidade (DNER-ME 82-63)
- Compactação – Proctor Normal (DNER-ME 48-64)
- Peso específico dos Grãos. (DNER-ME 93-64)

Nas Tabelas Nº 3.12 e 3.13 são mostrados os resultados dos ensaios de laboratório.

Além dos ensaios geotécnicos de laboratório anteriormente mencionados, foram realizados os ensaios especiais de Permeabilidade de Carga Variável e Triaxial nas ocorrências de solo, cujos resultados estão na tabela 3.11.

Tabela Nº 3.11: Valores Médios dos Ensaios Especiais das Jazidas		
Coefficiente de Permeabilidade (cm/s)	Triaxial	
	Coesão (kgf/cm²)	φ (°)
8,9x10E-7	0,03 e 0,05	27,5 e 29,3
7,6x10E-7	0,10	26,2

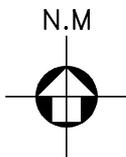
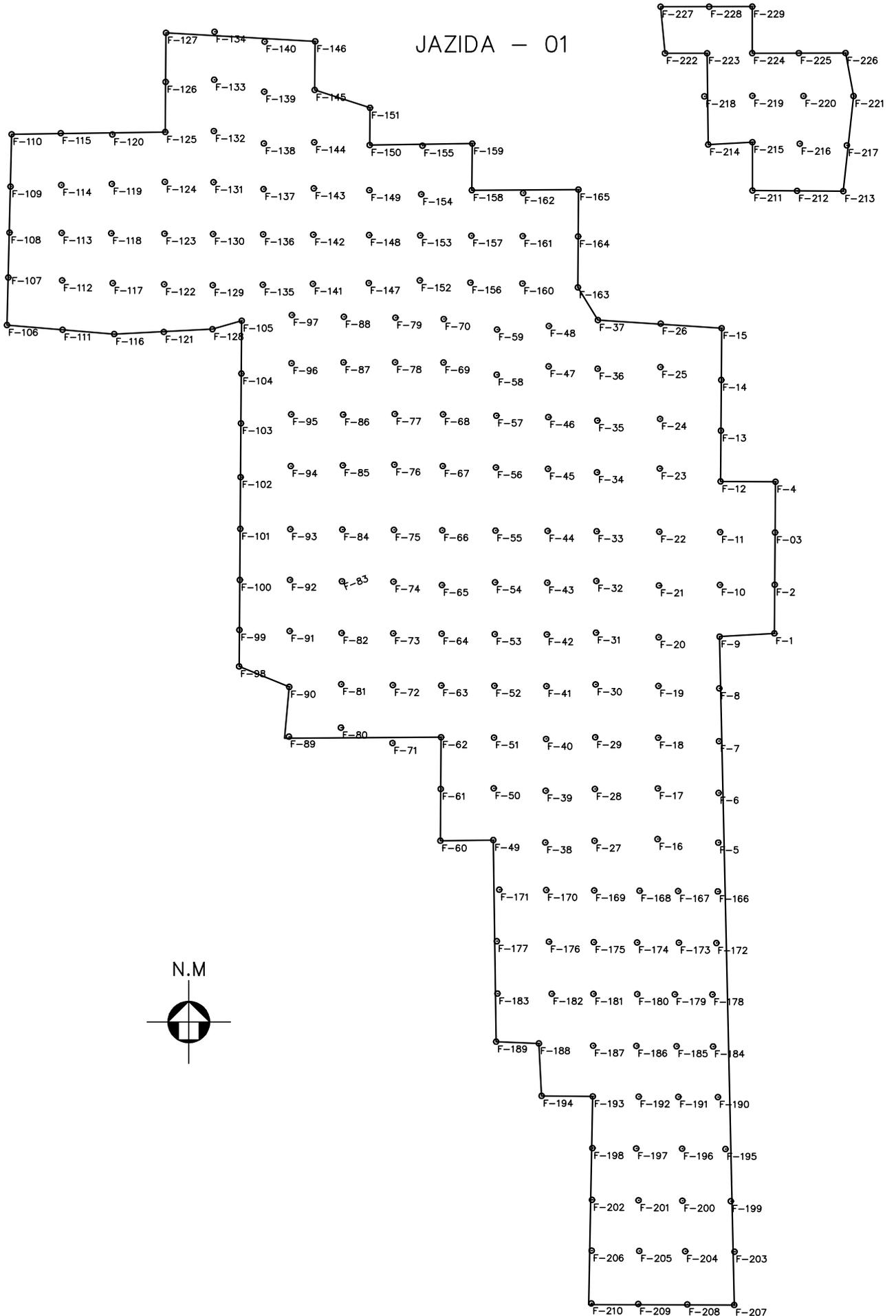
**TABELA 3.12: Quadro Resumo dos Ensaios - Jazida J-01**

Furos	02	03	06	20	39	44	46	53	72	77	83	113	122	125	139	142	157	174	188	191	204	211	216	225		
GRANULOMETRIA																										
2"	100	100	100	100	100	100	100	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	100	100	100	100	100	100	100	
1"	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
3/4"	100	100	100	100	96	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
1/2"	97	94	98	100	91	97	99	97	100	100	100	100	99	100	100	99	98	100	99	100	99	99	98	98	98	
3/8"	93	91	94	100	89	93	95	92	99	100	99	99	98	99	98	96	94	98	97	99	96	97	96	95	95	
Nº 4	88	85	90	99	84	88	91	89	94	99	96	96	94	97	96	92	90	93	92	95	91	94	92	90	90	
Nº 10	82	78	83	91	79	82	86	83	89	94	89	90	88	92	89	84	83	87	85	87	83	86	88	80	80	
Nº 40	55	50	53	35	57	58	57	55	53	55	51	54	55	59	61	58	55	61	58	60	55	58	57	53	53	
Nº 100	41	32	38	15	43	43	42	40	39	41	43	41	41	43	45	44	42	48	44	45	40	42	41	41	41	
Nº 200	35	25	31	13	37	36	34	32	30	30	35	31	32	34	36	34	33	37	33	36	32	31	33	32	32	
<0,005			12	5				13			13	11			16		16	20		15		12		15	15	
LIMITES DE ATTERBERG																										
LL	32,0	31,0	30,0	30,2	33,2	32,2	33,1	32,1	32,2	33,1		34,1	34,1	34,2	33,1	32,0	33,1	34,1	34,0	34,2	31,1	31,2	32,1	32,1	32,1	32,1
LP	20,0	20,1	19,9	22,9	21,2	20,9	21,9	22,3	22,2	23,2		24,2	23,1	23,1	20,8	21,3	22,3	21,4	21,9	20,2	21,2	22,1	21,9	21,2	21,2	
IP	12,0	10,9	10,1	7,3	12,0	11,3	11,2	9,8	10,0	9,9		9,9	11,0	11,1	12,3	10,7	10,8	12,7	12,1	14,0	9,9	9,1	10,2	10,9	10,9	
CLASSIFICAÇÃO U.S.C.S.																										
U.S.C.S.	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC		SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC
COMPACTAÇÃO																										
Densidade Seca - γ_s (g/cm ³)	1,866	1,774	1,766	1,811	1,817	1,820	1,824	1,840	1,850	1,835		1,840	1,834	1,820	1,811	1,824	1,830	1,808	1,839	1,829	1,820	1,846	1,840	1,833	1,833	
Umidade Ótima (%)	11,30	12,30	11,80	10,20	11,00	11,40	11,20	10,80	10,80	11,00		10,80	11,30	11,90	12,60	12,20	12,00	13,00	12,50	12,90	12,30	11,10	12,40	11,90	11,90	
ENSAIOS IN SITU																										
Umidade Natural (%)			2,90	3,10				3,70			3,70	3,10			3,10		4,10	3,70		3,70		3,10		4,10	4,10	
Peso Específico Natural (g/cm ³)			1,389	1,430				1,444			1,483	1,457			1,459		1,371	1,473		1,487		1,483		1,493	1,493	
PERMEABILIDADE																										
Permeabilidade (cm/s)		8,9E-07		9,3E-07				8,9E-07			1,0E-06	9,2E-07			8,6E-07		8,7E-07	8,3E-07		8,5E-07		9,2E-07		8,8E-07	8,8E-07	

**TABELA 3.13: Quadro Resumo dos Ensaios - Jazida J-02**

Furos	02	04	05	11	13	20	22	31	33	42	44
GRANULOMETRIA											
2"	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
1"	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
3/4"	94	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1/2"	90	100	100	100	100	100	100	94	100	99	99
3/8"	87	100	99	100	100	9	100	91	97	97	98
Nº 4	83	100	99	99	98	98	99	86	94	94	95
Nº 10	79	99	97	97	96	95	97	82	91	90	93
Nº 40	63	89	84	84	83	69	70	60	68	70	72
Nº 100	41	65	66	40	43	44	43	45	44	46	45
Nº 200	32	49	58	28	33	35	33	37	34	39	40
<0,005											
LIMITES DE ATTERBERG											
LL	34,4	36,1	38,0	36,2	31,0	37,0	36,2	31,0	36,2	36,0	35,1
LP	23,0	22,0	23,0	24,0	20,0	25,0	24,0	20,0	24,0	22,0	22,0
IP	11,4	14,1	15,0	12,2	11,0	12,0	12,2	11,0	12,2	14,0	13,1
CLASSIFICAÇÃO U.S.C.S.											
U.S.C.S.	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC
COMPACTAÇÃO											
Densidade Seca - γ_s (g/cm ³)	1,786	1,667	1,635	1,829	1,740	1,711	1,787	1,709	1,763	1,712	1,767
Umidade Ótima (%)	12,10	15,50	15,10	10,90	14,60	14,50	13,10	12,20	12,90	14,50	13,40
ENSAIOS <i>IN SITU</i>											
Umidade Natural (%)	3,10					3,60	3,10			3,90	
Peso Específico Natural (g/cm ³)	1,459					1,410	1,447			1,402	
PERMEABILIDADE											
Permeabilidade (cm/s)	8,5E-07					7,5E-07	7,7E-07			6,8E-07	

JAZIDA - 01



MONTGOMERY WATSON



BARRAGEM UMARI

ESCALA:

1:5.000

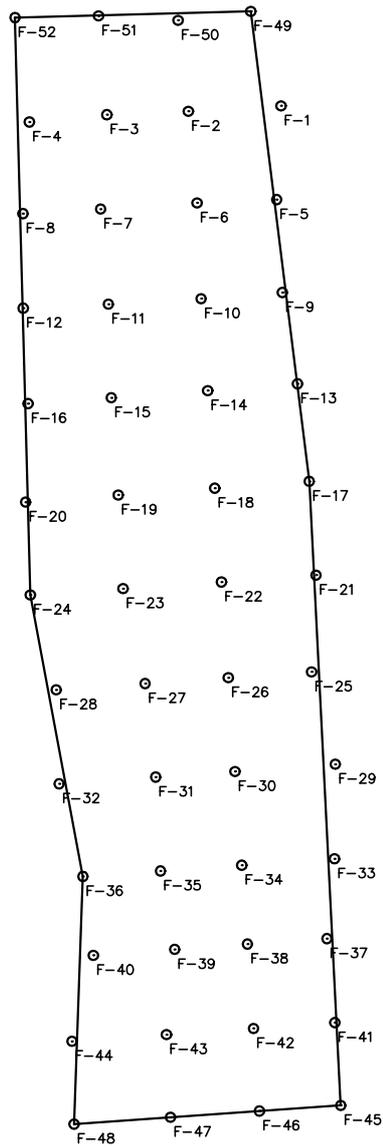
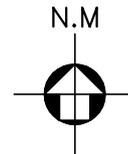
DATA:

JAN./2002

FIGURA N° :

3.5

JAZIDA - 02



MONTGOMERY WATSON



BARRAGEM UMARI

ESCALA:

1:4.000

DATA:

JAN./2002

FIGURA N° :

3.6



3.6.2. Areal

O areal foi identificado no leito do riacho Barrigas e estudado para a execução do filtro vertical, dreno horizontal e concretos.

Foram coletadas amostras na área do rio selecionada como areal A-1 para a realização de ensaio de granulometria e permeabilidade, cujos resultados são apresentados na Tabela nº 3.14:

Tabela Nº 3.14 Valores Médios dos Ensaio do Areal										
Granulometria (% que passa)								D_{max} (mm)	USC	Permeab . (cm/s)
1"	3/8"	Nº4	Nº 8	Nº 16	Nº 30	Nº 50	Nº 100			
100	100	96	85	62	22	3	0,5	4,8	SP	7x10E-3

A tabela 3.15 apresenta um resumo de características gerais do areal estudado.

Tabela 3.15: Características Gerais do Areal	
Área Estudada (m²)	15.787
Nº de poços executados	16
Espessura média de material utilizável (m)	1,50
Volume de material utilizável (m³)	23.681
Distância ao eixo da barragem (m)	1.137

3.6.3. Pedreira

A pedreira identificada, denominada de P-01, foi estudada como possível fonte complementar para a execução dos enrocamentos, transições, rip-rap e concretos.

A área definida como pedreira P-01 situa-se à direita do eixo, em terras fora da área do futuro reservatório, distando cerca de 0,75 km para a ombreira direita (ver figura 3.7). Neste local foram realizadas sondagens mistas (iniciada a percussão e prosseguida por sonda rotativa) em um total de 3 furos, como descrito na Tabela Nº 3.14. A análise dos resultados mostrou que o manto de solo



de revestimento apresenta uma espessura de cerca de 1 m (máximo de 2m) e que a rocha constitui-se de um gnaiss com boas características mecânicas, tendo alta dureza e uma recuperação média em RQD superior a 70%, com médio a baixo grau de fraturamento porém, com passagens alteradas e intensamente fraturadas, onde o RQD chega a zero.

Tabela Nº 3.16: Investigação Geotécnica da Barragem Umari -Pedreira P-01			
Sondagem Nº	Estaca	Trecho	
		Percussão	Rotativa
FP-01	P-1	1,00	6,04
FP-02	P-1	2,22	5,76
FP-03	P-1	1,29	7,21

Duas outras áreas de material rochoso foram identificadas; uma consta da antiga pedreira utilizada para a construção da BR-020 e que situa-se em terras lindeiras a rodovia, e a outra no lado esquerdo do futuro reservatório, próxima da localidade de Salgadinho. Na tabela 3.17 são apresentadas as coordenadas registradas nestas áreas.

Tabela Nº 3.17: Localização das Áreas Alternativas de Fonte de Material Pétreo		
Área	Coordenadas UTM	
	Este	Norte
PEDREIRA BR-020	438.826	9.467.126
AFLORAMENTO	439.355	9.469.012

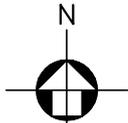
Selecionada a área da pedreira P-01 (ver figura nº 3.7) como fonte complementar apropriada de obtenção de material pétreo, coletou-se amostras para a realização dos ensaios de desgaste por Abrasão “Los Angeles”, cujo valor médio é apresentado na Tabela Nº 3.18.

Tabela Nº 3.18 Valores Médios dos Ensaios da Pedreira
Abrasão Los Angeles (%)
26

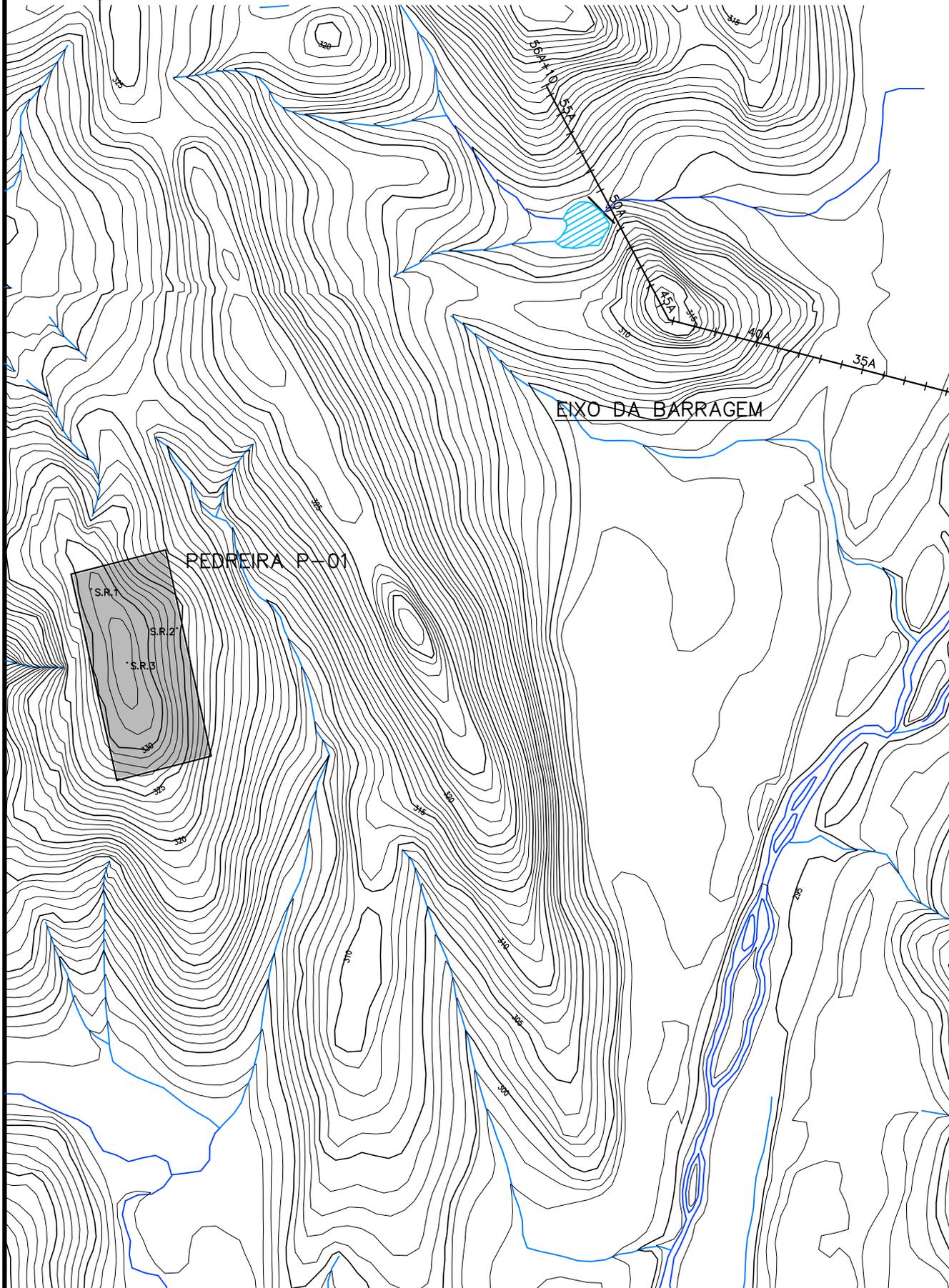


A tabela 3.19 apresenta um resumo de características gerais da pedra estudada.

Tabela 3.19: Características Gerais da Pedreira P-01	
Proprietário	Ovídio Carneiro de Oliveira
Área Estudada (m²)	18.317
Nº de poços executados	03
Espessura média de decapagem (m)	1,50
Espessura média de material utilizável (m)	6,34
Volume de decapagem (m³)	27.537
Volume de material utilizável (m³)	116.069
Distância ao eixo da barragem (m)	1.078



LOCALIZAÇÃO DA PEDREIRA



MONTGOMERY WATSON



BARRAGEM UMARI

ESCALA:

1:5.000

DATA:

JAN./2002

FIGURA N° :

3.7



MONTGOMERY WATSON



4. ESTUDOS HIDROLÓGICOS



4. ESTUDOS HIDROLÓGICOS

4.1. FICHA HIDROLÓGICA

Açude Umari

Município	Madalena
Rio ou Riacho Barrado.....	Barrigas
Área da Bacia Hidrográfica	975 km ²
Comprimento do Talvegue Principal.....	65,5 km
Desnível do Talvegue Principal.....	545 m
Precipitação Média Anual	642 mm
Escoamento Médio Anual	58 mm
Evaporação Média Anual(Tanque Classe A)	2706 mm
Vertedouro Tipo.....	Canal escavado em rocha
Largura do Vertedouro.....	60 m
Comprimento/Declividade Longitudinal do Vertedouro	300 m/0,5 %
Cota do Vertedouro.....	310,00 m
Volume Máximo Acumulável.....	35,04 hm ³
Vazão Máxima de Cheia - TR = 1.000 anos.....	932 m ³ /s
Lâmina Máxima de Sangria - TR = 1.000 anos.....	3,12 m
Vazão Máxima de Cheia - TR = 10.000 anos.....	1.055 m ³ /s
Lâmina Máxima de Sangria - TR = 10.000 anos.....	3,39 m
Vazão Regularizada a 90% de garantia sem J. Guerra.....	390 l/s
Vazão Regularizada a 95% de garantia sem J. Guerra.....	290 l/s
Vazão Regularizada a 99% de garantia sem J. Guerra.....	190 l/s
Vazão Regularizada a 90% de garantia com J. Guerra.....	310 l/s



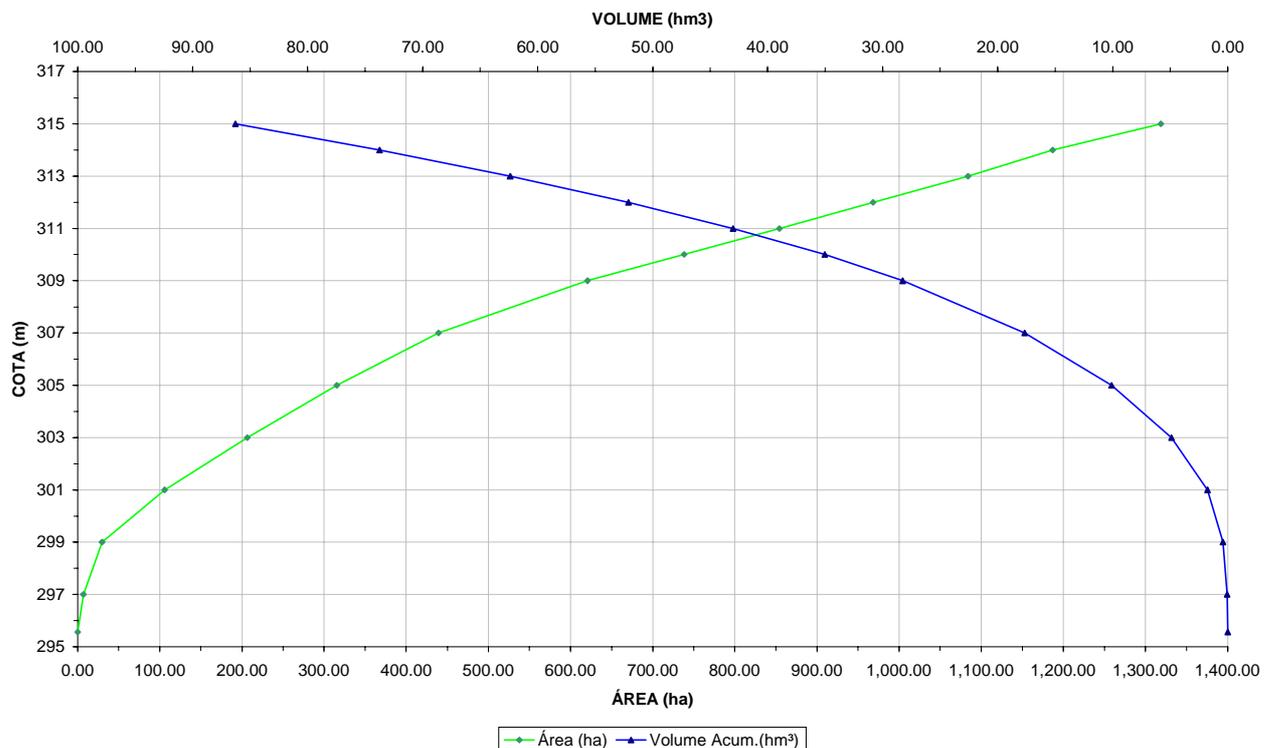
Vazão Regularizada a 95% de garantia com J. Guerra.....230 l/s

Vazão Regularizada a 99% de garantia com J. Guerra.....130 l/s

Barragem: Umari

COTA - ÁREA - VOLUME			
Cota(m)	Área (ha)	Volume (hm ³)	Volume Acum.(hm ³)
295.558	0.00	0.00	0.00
297.000	6.86	0.05	0.05
299.000	29.58	0.36	0.41
301.000	105.67	1.35	1.77
303.000	206.32	3.12	4.89
305.000	315.24	5.22	10.10
307.000	439.39	7.55	17.65
309.000	620.58	10.60	28.25
310.000	738.28	6.79	35.04
311.000	854.31	7.96	43.01
312.000	968.31	9.11	52.12
313.000	1,084.09	10.26	62.38
314.000	1,187.04	11.36	73.74
315.000	1,318.70	12.53	86.26

**BARRAGEM UMARI
COTA x ÁREA x VOLUME**





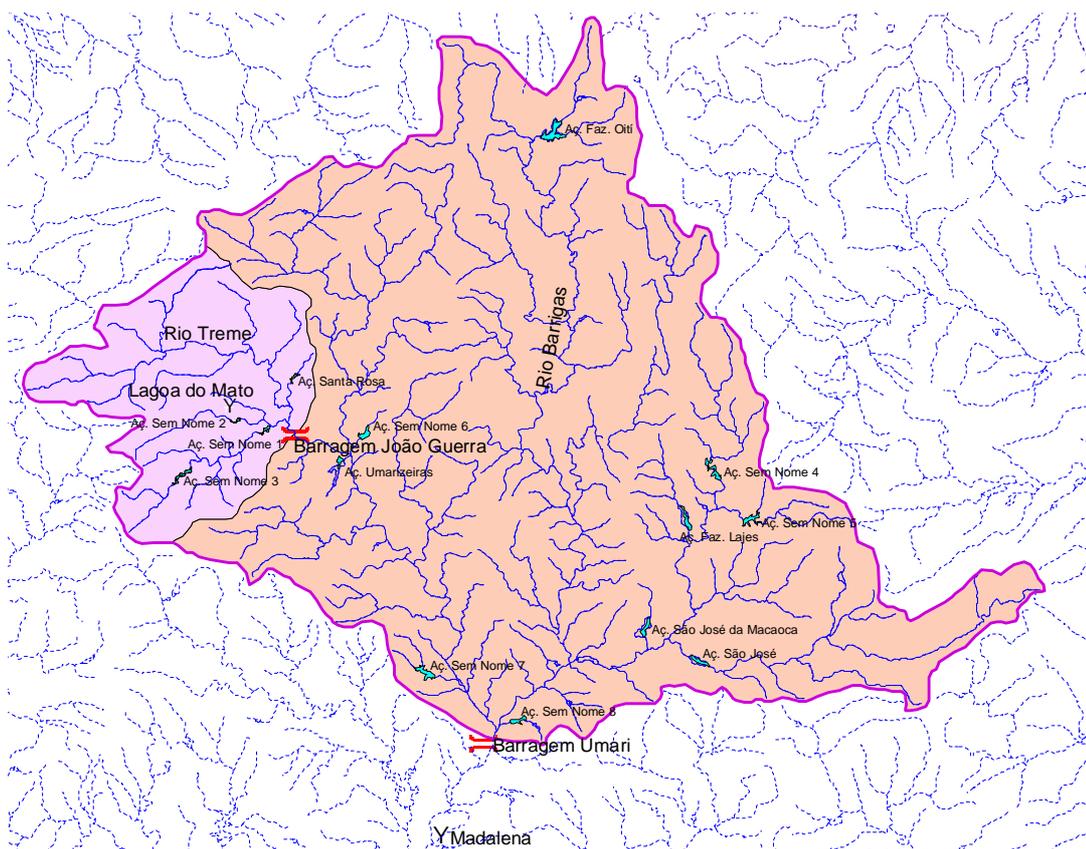
4.2. CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA

O açude Umari barra o rio Barrigas nas coordenadas UTM N 9.468.435 e E 438.305. A barragem situa-se próxima à localidade Fazenda Salgadinho, a montante da sede do município de Madalena em torno de 7 Km, pertencendo à microrregião geográfica da Bacia do Banabuiú.

A bacia hidrográfica do açude Umari tem como principal contribuinte o rio Treme e o próprio rio Barrigas, abrangendo uma área de contribuição de 975 Km². Esta representa a área total contribuinte, sendo que, uma vez construída a barragem João Guerra, que localiza-se a montante da barragem Umari, a bacia hidrográfica incremental representará 823,3 Km². O rio Barrigas se estende na direção nortesul, perfazendo, aproximadamente, 64,8 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 Umari, inclusive a bacia hidrográfica do açude João Guerra e região adjacente. Observa-se que a cidade de Madalena, que será abastecida por este açude, encontra-se a jusante do eixo da barragem.

Os solos predominantes na bacia do açude são associação de Bruno Não Cálcico vértico + Bruno Não Cálcico + Solos Litólicos Eutróficos (NC41 e NC35), associação de solos Litólicos Eutróficos + Bruno Não Cálcico (Re38) e associação de solos Litólicos Eutróficos + Afloramentos Rochosos (Re48 e Re32), abrangendo em conjunto cerca 56% da área da bacia hidrográfica total. São solos que se caracterizam pelo alto potencial de escoamento superficial, com muito baixa taxa de infiltração e transmissão da água. Considerando-se como solos de baixa representatividade aqueles que abrangem menos de 1% da área da bacia, identifica-se, portanto, como de pouca importância as categorias: Bruno Não Cálcico (NC5); Associação de Afloramentos Rochosos + Solos Litólicos (AR2); Solos Litólicos Eutróficos (Re7); Associação de Planossolo Solódico + Solonetz Solodizado + Solos Litólicos Eutróficos (PLS16). Tais solos abrangem, em conjunto, menos de 1% da área da bacia hidrográfica total.



Escala 1:300.000

LEGENDA

- Y Madalena
- Y Lagoa do Mato
- Aç. Umari
- Aç. João Guerra
- Açúdes Existentes a Montante do Aç. Umari
- Hidrografia Contribuinte ao Açúde Umari
- Hidrografia Regional
- Bacia Hidrográfica Incremental do Aç. Umari
- Bacia Hidrográfica do Aç. João Guerra
- Limite da Bacia Hidrográfica do Aç. Umari



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

Ressalta-se que a bacia hidráulica do açude Umari inundará região cujos solos dominantes são Ae7 – Solos Aluviais Eutróficos (Ae7) e Associação de Bruno Não Cálculo vértico + Bruno Não Cálculo + Solos Litólicos Eutróficos (NC41), 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 Umari.

A caracterização da cobertura vegetal e uso do solo para a bacia hidrográfica do açude Umari 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). A Tabela 4.1.1, a seguir, apresenta a configuração do uso do solo na bacia hidrográfica do açude Umari.

Tabela 4.2.1 Configuração do uso do solo na bacia hidrográfica total do açude Umari, 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 Total
Caatinga Arbórea Densa	291.279.600	32,00
Caatinga Herbáceo Arbustiva	381.701.700	41,94
Espelhos d'água > 5 ha	4.560.300	0,50
Solo Exposto	3.996.900	0,44
Mata Ciliar	4.955.400	0,54
Área Agrícola	17.672.400	1,94
Área Alterada/Antropizada	179.467.200	19,72
Nuvem	26.181.900	2,88
Área Urbana	5.400	0,00
Sem Dado	387.000	0,04

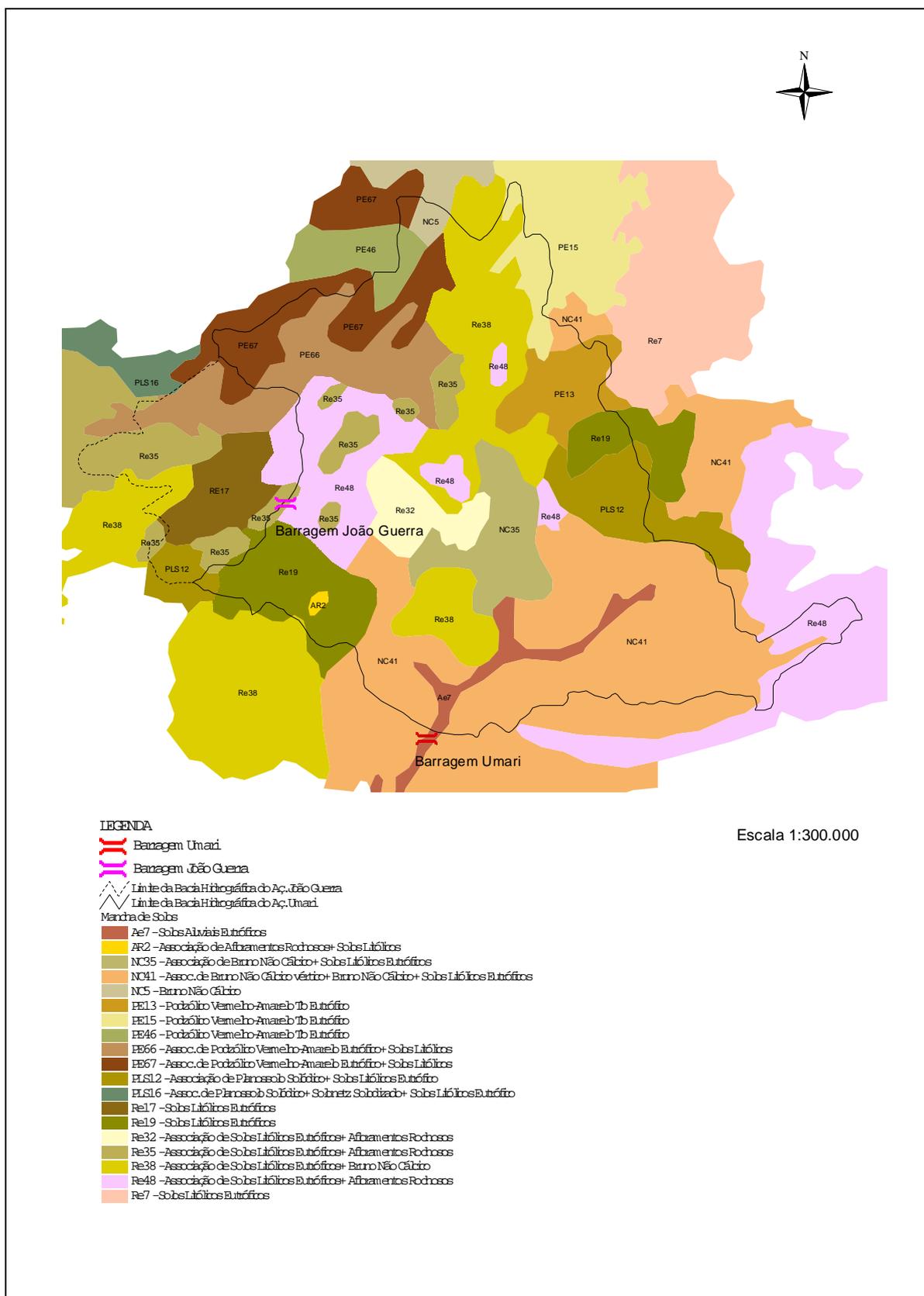


Figura 4.2 – Manchas de Solos na bacia hidrográfica do açude Umari.



Pelas informações apresentadas na Tabela 4.1.1 nota-se que a região da bacia de drenagem do açude Umari possui um bom estado de preservação das matas virgens, pois cerca de 75 % da área é coberta por caatinga arbórea densa e caatinga herbáceo arbustiva. No entanto, apresenta consideráveis valores de área alterada ou antropizada, cerca de 20 %, o que indica sinal de degradação ambiental nestas áreas.

Conclui-se que a bacia de drenagem do açude Umari 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 na Tabela 4.1.2 a seguir.

Tabela 4.2.2 Determinação do Número CN para a Área da Bacia Hidrográfica Incremental do Açude Umari.

Uso do Solo de acordo com o Método CN	PERMEABILIDADE (m ²)		PONDERAÇÃO CN			
	B	D	CN _B	PESO _B	CN _D	PESO _D
Plantações regulares em fileiras retas	2.277.000	13.565.700	76	0,00	88	0,02
Florestas Normais	16.390.800	199.123.200	60	0,02	76	0,27
Florestas Esparsas	42.034.500	321.611.400	68	0,06	84	0,43
Estradas de terra de superfície dura	741.600	2.264.400	84	0,00	92	0,00
Pastagens ou terrenos em más condições	25.937.100	125.468.100	79	0,03	89	0,17
Zonas Residenciais c/ Lotes < 500m ²	0	5.400	85	0,00	92	0,00
CN GERAL						81

Determinou-se, portanto, que para o cálculo da precipitação efetiva na bacia do açude Umari deve ser usado CN igual a 81.

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 3 (três) postos pluviométricos localizados dentro e numa distância máxima de 10 km do limite da bacia hidrográfica incremental do açude Umari. 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	642 mm
Semestre chuvoso e índice de concentração	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	2760 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

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.

Quadro 4.4.1 - Análise de Freqüência de Máximos Diários de Chuva. Posto Pluviométrico: 2890378

TR (anos)	P(1dia)
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-freqüência para a área de representatividade do aparelho.

Como alternativa ao método tradicional (através de pluviógrafos), têm-se o Método das Isozonas.

Os resultados são apresentados nos quadros a seguir.



Estudo de Chuvas Intensas - Precipitações em mm Posto Pluviométrico: 2890378 ISOZONA:

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:

$$Pa/Po = [1-0,20.\log(974/25)]= 0,68$$

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

Precipitações (mm) na Bacia do Açude Umari

TR (anos)	P(1dia)	P(24h)	P(1h)	P(6min)
100	95	104	46	13
1.000	115	127	54	16
10.000	124	137	56	17

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

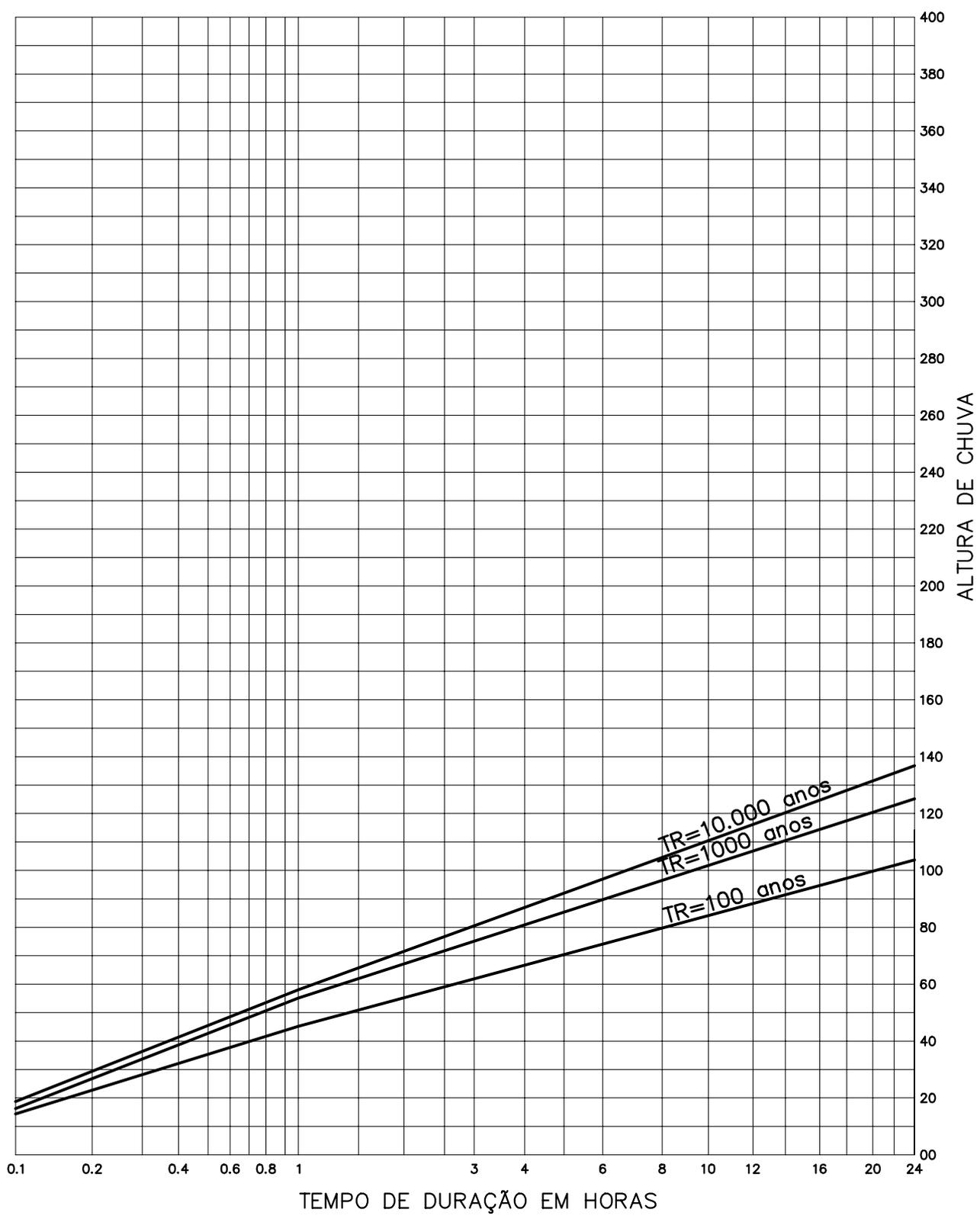


FIGURA 4.3 – AÇUDE UMARI
 CURVAS PRECIPITAÇÃO–DURAÇÃO–FREQUÊNCIA
 MÉTODO DAS ISOZONAS



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 Umari 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 Quixeramobim, que abrange a bacia do açude Umari.

A série do açude Quixeramobim foi, portanto, utilizada por ponderação de área para obtenção da série do açude Umari.

A série, em m^3/s , pode ser visualizada no Quadro 4.4.1 a seguir.

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

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1912	0.0	3.3	5.0	13.0	7.1	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5
1913	0.0	4.2	4.8	4.4	3.2	0.7	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4
1914	0.5	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
1915	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1916	0.6	0.2	5.7	2.0	2.6	0.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
1917	3.1	12.9	14.5	1.8	4.9	2.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3
1918	0.0	0.3	0.0	0.1	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1919	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1920	0.0	0.0	7.0	6.4	6.0	1.7	0.8	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8
1921	0.0	1.2	9.8	10.7	18.7	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4
1922	0.0	0.0	0.4	28.6	13.8	0.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6
1923	0.0	1.2	4.3	4.2	0.7	2.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
1924	3.3	12.8	15.6	40.4	5.2	4.6	0.8	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	6.9
1925	1.0	3.4	10.3	7.6	2.6	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1
1926	0.0	0.5	8.8	7.4	3.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7
1927	0.0	0.1	4.2	7.8	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
1928	0.0	0.0	0.6	2.1	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
1929	0.0	0.2	1.8	2.4	1.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
1930	0.0	0.0	0.4	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
1931	0.0	0.1	0.4	0.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
1932	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1933	0.0	0.0	1.2	4.2	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.6
1934	0.2	4.4	22.9	9.6	7.5	0.8	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	3.9
1935	0.0	1.4	1.9	11.0	3.2	1.8	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1.7
1936	0.2	1.7	6.7	0.2	1.9	1.2	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
1937	0.0	0.0	0.0	13.1	1.8	1.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4
1938	0.0	0.0	5.6	4.4	1.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9
1939	0.0	0.6	1.2	0.7	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
1940	0.0	0.9	4.2	17.2	11.5	5.5	0.7	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3
1941	0.0	0.3	3.3	1.3	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
1942	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1943	0.0	0.2	0.4	0.4	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
1944	0.0	0.0	1.9	2.9	1.1	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6
1945	0.6	8.1	2.9	4.1	9.6	1.6	1.2	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4
1946	0.0	1.2	1.0	1.0	0.5	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
1947	0.0	0.5	4.9	4.5	6.4	1.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5
1948	0.0	0.0	3.3	2.6	3.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
1949	0.0	0.7	1.7	2.1	2.4	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6
1950	0.9	0.9	3.5	23.7	8.1	0.7	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2
1951	0.0	0.1	0.0	0.2	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
1952	0.0	0.0	1.0	1.2	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
1953	0.0	0.0	0.0	0.8	0.8	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
1954	0.0	0.1	0.3	0.1	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
1955	0.0	0.0	0.0	1.2	1.4	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
1956	0.0	0.0	0.9	4.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
1957	0.0	0.0	0.3	15.1	1.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4

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

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1958	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1959	0.2	0.7	0.8	0.7	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
1960	0.0	0.0	8.7	5.5	1.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3
1961	0.0	0.0	11.7	14.6	8.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9
1962	0.0	0.0	0.0	2.7	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
1963	0.0	0.0	8.2	5.4	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3
1964	0.0	1.4	10.9	17.6	15.8	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.9
1965	0.0	0.0	0.0	12.0	2.6	4.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6
1966	0.0	3.2	0.2	3.3	0.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6
1967	0.0	0.0	6.0	19.6	12.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2
1968	0.0	0.0	8.0	1.1	3.0	0.9	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1
1969	0.0	0.0	0.6	7.7	0.9	0.7	0.5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9
1970	0.0	0.0	1.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
1971	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
1972	0.0	0.0	0.0	4.6	0.7	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
1973	0.0	0.0	0.5	12.8	3.5	0.9	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5
1974	4.1	5.6	31.1	44.6	29.4	4.7	0.6	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0
1975	0.0	0.0	0.5	0.3	2.6	3.4	4.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9
1976	0.0	1.6	1.5	2.5	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
1977	0.0	0.0	0.0	2.1	6.5	5.2	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2
1978	0.0	0.2	0.2	1.3	2.8	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
1979	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.2
1980	0.0	2.3	10.5	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1
1981	0.0	0.0	11.0	3.9	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3
1982	0.0	0.0	0.1	4.6	1.9	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6
1983	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1984	0.0	0.0	2.7	19.8	10.0	6.7	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3
1985	0.0	2.0	15.4	39.2	9.0	2.1	1.8	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	5.8
1986	0.3	1.8	11.7	24.6	7.3	1.7	0.3	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	4.0
1987	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1988	0.0	0.0	1.0	9.0	6.7	0.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4
1989	0.0	0.0	0.8	17.9	18.2	0.9	1.8	0.1	0.0	0.0	0.0	1.2	3.4
1990	0.4	0.1	0.2	2.4	3.3	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6
1991	0.0	0.0	1.5	3.0	3.3	0.2	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.7
1992	0.0	5.8	4.0	8.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5
1993	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1994	0.0	0.0	1.4	2.5	0.4	0.7	0.8	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
1995	0.0	0.0	0.0	3.4	1.6	0.7	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
1996	0.3	0.0	0.0	6.6	6.0	0.9	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.2
Média	0.2	1.0	3.7	6.7	3.5	0.9	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4
DP	0.7	2.4	5.5	9.3	5.1	1.4	0.5	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	1.7
CV	3.5	2.3	1.5	1.4	1.5	1.6	2.5						1.2



4.6. ESTUDO DAS CHEIAS DE PROJETO

As relações chuva-deflúvio para a bacia do Açude Umari 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 1.000 anos e 10.000 anos de tempo de retorno.

O Quadro 4.5.1 apresenta a chuva de projeto, obtida a partir das curvas precipitação-duração-freqüência com a precipitação associada aos tempos de retorno de 100, 1000 e 10000 anos para as durações de 5 min, 15 min, 60 min, 2 h, 3 h, 6 h, 12 h e 24 h.

Quadro 4.6.1 - Chuva de Projeto na Bacia do Açude Umari

Intervalo de Tempo	P(mm) 1.000 Anos	P(mm) 10.000 Anos
5 min	16	18
15 min	28	33
1 h	56	59
2 h	68	73
3 h	77	82
6 h	93	100
12 h	111	120
24 h	131	141

O hietograma de projeto tem uma duração superior ao tempo de concentração da bacia, estimado aqui em $T_C = 631 \text{ min} = 10,5 \text{ h}$.

Utilizou-se o modelo do SCS (Soil Conservation Service) para a obtenção dos hidrogramas afluentes para 1.000 e 10.000 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 = 300 m ; 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)	H0 (M)
100	0.4137	2.0144	0.2068	0.6205	0.008304	-0.6251	0.003304	0.3661	0.6205	0.611	0.706
300	0.8605	2.9052	0.4302	1.2906	0.006569	0.3053	0.001569	0.776	1.2907	1.025	1.328
500	1.2095	3.4445	0.6047	1.8143	0.005908	0.928	0.000908	1.2005	1.8143	1.34	1.833
700	1.5137	3.8532	0.7567	2.2704	0.005519	1.4426	0.000519	1.5982	2.2705	1.607	2.279
900	1.7898	4.1899	0.8947	2.6845	0.00525	1.897	0.00025	1.972	2.6846	1.843	2.687
1200	2.1681	4.6114	1.0839	3.252	0.004965	2.5073	-3.5E-05	2.4967	3.2522	2.159	3.252
1500	2.5159	4.9674	1.2577	3.7735	0.004759	3.0596	-0.00024	2.9875	3.7738	2.44	3.778
1800	2.841	5.2786	1.4202	4.2612	0.004602	3.5709	-0.0004	3.4514	4.2615	2.693	4.274
2000	3.0477	5.4672	1.5235	4.5712	0.004515	3.8939	-0.00049	3.7484	4.5716	2.85	4.593
2100	3.1485	5.5568	1.5738	4.7223	0.004476	4.0509	-0.00052	3.8936	4.7227	2.924	4.75

Procurou-se para o açude Umari a menor largura de sangradouro que permitisse que a cheia de 1000 anos não atingisse a ponte a montante da barragem. Esse valor foi encontrado por tentativas igual a 100 metros.

Para o tempo de concentração da bacia adotou-se uma chuva de duração igual a 24 horas.

Os picos de vazão efluyente 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)
932	3,12	1055	3,39



4.7. DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO

4.7.1. Disponibilidade hídrica

Foi utilizada a série de vazões já apresentada 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 a seguir.

Quadro 4.6.1 - Estudo incremental de capacidades do Açude

V=22,95 hm ³			V=28,25 hm ³			V=35,04 hm ³		
Q(l/s)	FALHAS	GAR(%)	Q(l/s)	FALHAS	GAR(%)	Q(l/s)	FALHAS	GAR(%)
280	100	90%	330	99	90%	390	100	90%
210	52	95%	250	53	95%	290	48	95%
130	10	99%	160	11	99%	190	12	99%

4.7.2. Estudo da Capacidade Econômica do Reservatório

O açude Umari foi dimensionado com base no máximo volume acumulável sem atingir a ponte na BR-020. Isso só foi possível após analisar-se os dados do Quadro 4.6.1 e os dados de volume anual afluyente médio.

Após uma análise desses fatores, verificou-se que hidrologicamente se poderia acumular mais volume com um bom incremento na vazão regularizada, o que não é possível devido à limitação da ponte.

A cota do vertedouro foi, portanto, definida em 310,00 m, acumulando-se um volume de 35,04 hm³, o máximo permitido para não afetar-se a ponte.

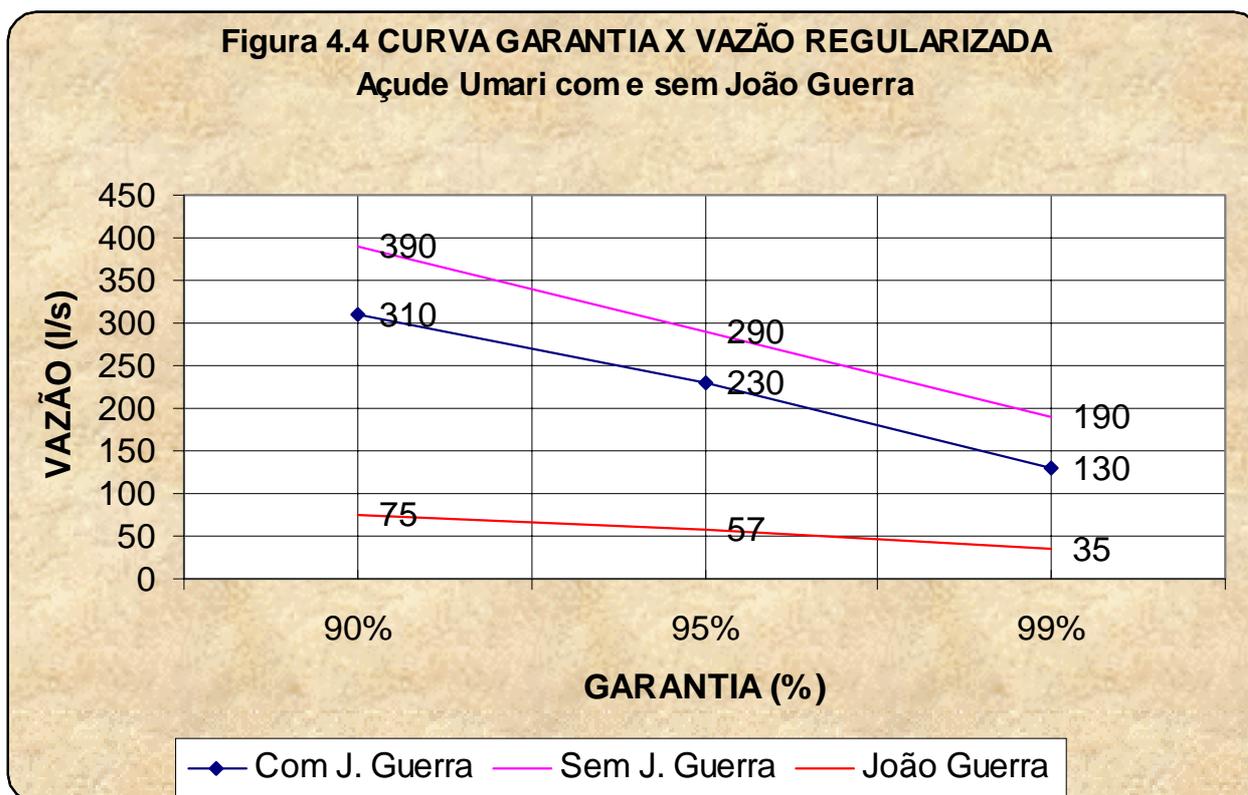
A influência do açude João Guerra, caso seja construído, pode ser observada nos resultados de vazão regularizada do Quadro 4.6.2 e na Figura 4.4 a seguir.

Verifica-se que há uma perda de vazão regularizada no açude Umari maior que o ganho de vazão regularizada no açude João Guerra, alertando para uma ineficiência hidrológica deste último.



Quadro 4.7.2 - Vazões Regularizadas - Umari

Com João Guerra à Montante			Sem João Guerra à Montante		
Q(l/s)	FALHAS	GAR(%)	Q(l/s)	FALHAS	GAR(%)
310	103	90%	390	100	90%
230	56	95%	290	48	95%
130	13	99%	190	12	99%





MONTGOMERY WATSON



5. CONCLUSÕES DECORRENTES DOS ESTUDOS BÁSICOS



5. CONCLUSÕES DECORRENTES DOS ESTUDOS BÁSICOS

Da campanha de sondagem realizada no eixo selecionado para a barragem (eixo Final), pode-se observar, entre outras coisas, que:

- A zona da calha do rio transcorre aproximadamente entre estacas 25 e 37 (240m de extensão). No segmento entre as estacas 25 e 30 ocorre um depósito aluvionar com espessura entre 2 e 3,4 m porém, uma sondagem a 40m a jusante da estaca 29+7 indicou 8 m deste solo. Este depósito aluvionar caracteriza-se por um solo constituído de areia fina e média siltosa com pedregulhos, sobreposto a um silte arenoso micáceo. Subjacente a este depósito ocorre um solo residual silto arenoso ou silto areno argiloso com espessura entre 1,60 e 4,0 m;
- No segmento da calha do rio compreendido entre as estacas 30 e 37 observa-se que o pacote aluvionar, de areia fina e média siltosa, alcança maiores profundidades, entre 9 e 14 m, e o solo residual subjacente constitui-se de silte arenoso, com espessura variando de poucos centímetros até 3,8 metros;
- O nível d'água, na região da calha do rio, foi encontrado, no mês de julho/01, nas profundidades limites de 0,36m (estaca 29+7- jusante) e 3,90 m (estaca 35+10-eixo), representando as cotas 296,0 e 294,8 m. respectivamente;
- Os ensaios de penetração SPT indicaram compacidades de fofa a medianamente compacta para o pacote arenoso da fundação, sendo a região fofa restrita, em média, ao primeiro metro de profundidade, alcançando nas sondagens das estacas 29+7 (40 m jusante) e 33 o máximo de 3,5 m. Na fundação não foram encontrados, em caracter geral, materiais argilosos/siltosos de consistência preocupante, apenas nas sondagens da estaca 35+10 (no eixo e a 40 m Montante) foi observada uma camada silto argilosa mole com 1,3 m de espessura, no eixo, e uma de argila, com 2 m de espessura e consistência média a



rija, a 40 m a montante. Como este material parece ocorrer num bolsão restrito a uma profundidade máxima de 3,9 m da superfície, sugere-se a remoção deste material e sua substituição por material arenoso proveniente das escavações da fundação e/ou da trincheira de vedação;

- Com base nos ensaios de infiltração realizados nos furos de sondagem no aluvião da calha do rio, pode-se considerar, de forma genérica, que o depósito aluvionar possui uma permeabilidade entre 5×10^{-4} e 2×10^{-5} cm/s. Na região de solo residual classificado como silte arenoso micáceo, compacto a muito compacto, obteve-se na sondagem SM-6 A valores de permeabilidade de 10^{-2} e 2×10^{-3} que surpreenderam, haja visto que em 24 ensaios realizados neste material, nos furos das sondagens percussivas, obteve-se uma gama de resultados variando de $7,7 \times 10^{-4}$ a $3,6 \times 10^{-6}$, com média de $2,4 \times 10^{-4}$.
- As perdas d'água no ensaio Lugeon indicaram, de um modo geral, valores pouco significativos tanto nas ombreiras como na zona aluvionar. Na ombreira esquerda obteve-se o valor máximo de 0,24 l/min/m/atm, na ombreira direita 0,31 l/min/m/atm e na zona aluvionar 0,34 l/min/m/atm. Os ensaios Lugeon realizados no eixo de montante (descartado) também ratificaram a característica de baixa a nula condutibilidade da rocha de fundação, no entanto, a sondagem SM-03 apresentou uma perda específica de 1,9 l/min/m/atm para a pressão inicial e 0,84 para a pressão máxima. O comportamento do fluxo durante a execução dos ensaios, onde houve perda, foi do tipo “de deformação com fechamento” e “sem deformação”.
- Portanto, com base nestes ensaios, é de se prever que o substrato rochoso na região da calha do rio e nas ombreiras não deve apresentar valores preocupantes de condutibilidade hidráulica porém, parece recomendável uma linha leve de impermeabilização do substrato rochoso, nos primeiros 6 metros nas ombreiras e nos primeiros 6 a 9 m na calha do rio, onde a frequência de fraturas chega a mais de 20/m.



- Analisando o perfil geotécnico percebe-se que ao longo da ombreira esquerda e da ombreira direita o manto de solo apresenta boas características de suporte, revelados nos valores dos ensaios de SPT, desde a superfície. Sendo assim, é suficiente apenas a remoção do material superficial com matéria orgânica para a fundação da barragem nestes trechos.
- Na barragem auxiliar (lado direito do eixo) foram realizadas duas sondagens percussivas, uma em cada ombreira, e uma mista no ponto mais baixo, que mostraram solos resistentes e com boa impermeabilidade nas ombreiras. No talvegue verificou-se a existência de 1 m de solo transportado sobrejacente a 1,35 m de solo residual bastante impermeável. A rocha de fundação mostrou-se constituída de uma Biotita- Xisto que a partir de 1,35 m de profundidade mostrou-se moderadamente dura a dura, pouco fraturada e com baixa a nula condutibilidade hidráulica, máximo de 0,13 l/min/m/atm no ensaio Lugeon.

Da campanha de sondagens realizada na região do sangradouro selecionado, pode-se tecer os seguintes comentários:

- Com exceção da sondagem SM-1 A, que indicou uma espessura de solo de 6,12 m, as demais sondagens apresentaram um manto de solo residual de espessura variando entre 0,50 m e 3,16 m.
- Na extremidade esquerda do eixo do sangradouro verificou-se a presença de um gnaisse que, no nível da cota 310,0 m, mostra-se dura, sã, com RQD de 10 a 40%, com uma frequência de 10 fraturas por metro.
- Na região central do eixo constatou-se a presença de uma Biotita-Xisto, moderadamente dura, que no nível da cota 310,0 m mostra-se com RQD de 30%, levemente intemperizada e com cerca de 15 fraturas por metro.



- Na extremidade direita do eixo constatou-se nos primeiros 4 m a presença de intercalações de veios de pegmatito em um micaxisto decomposto e a partir daí uma Biotita-Xisto, que no nível 310, m mostra-se sã, muito dura, com RQD de 60% e com cerca de 10 fraturas por metro.
- Na sondagem situada à montante do eixo o substrato é constituído de uma gnaisse, que no nível 310,0 m apresenta-se muito dura, sã, com RQD de 90% e com cerca de 5 fraturas por metro.
- Nas duas sondagens executadas a jusante do eixo foram encontradas uma rocha constituída de Biotita-Xisto, que nos primeiros 2 a 3 m apresenta-se mais intemperizada, mais fraturada e com menor RQD.
- Observando-se a planta de localização das investigações verifica-se que, dependendo das dimensões a serem adotadas para o elemento de sangria e sua otimização com o relevo topográfico, poderão ser necessárias novas sondagens posicionadas dentro da área de escavação, para melhor avaliação das condições do substrato rochoso.
- As escavações rochosas do sangradouro, tanto na rocha Gnaisse e na Biotita-Xisto, deverão ser selecionadas e, excluídas suas porções altamente intemperizadas, utilizadas para enrocamento, transições e agregados nas obras da barragem.

Dos estudos dos materiais destinados a execução do maciço principal e barragem auxiliar, pode-se observar que:

- A jazida nº01 situada na ombreira direita, a montante e jusante do eixo, distante cerca de 0,6 km do eixo, consta de uma área de solo silto areno argiloso, com presença de pedregulhos, constitui-se de solos SC que poderão ser utilizados em qualquer zona do maciço da barragem
- A jazida nº 02 situa-se a jusante do eixo, na ombreira esquerda, e é constituída de solos silto areno argilosos, com pouco pedregulho,



constitui-se, também, de solos SC que poderão ser empregados na execução de um maciço homogêneo. A área dista cerca de 0,9 km para o eixo e está fora da bacia hidráulica da barragem

- Os solos das escavações obrigatórias da área do sangradouro deverão ser aproveitados no maciço da barragem, preferencialmente no espaldar de jusante.
- O material pétreo necessário para as proteções dos taludes do maciço, transições e enrocamento de pé tem como fonte de obtenção prioritária a escavação do substrato rochoso no sangradouro, que apresenta formações rochosas apropriadas para tais fins. Como complementação desta fonte indicou-se a pedreira P-01, constituída de gnaiss são, muito duro e com médio a baixo fraturamento. O maciço gnaissico da pedreira está intercalado com camadas máficas e félsicas sendo algumas com espessura superior a 1 m, onde o grau de alteração é elevado e o fraturamento intenso. O emprego do material componente destas passagens alteradas deve ser evitado.
- Os bancos de areia do riacho barrigas, com permeabilidade média de 7×10^{-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 Umari pode-se tecer as seguintes considerações:

- Procurou-se para o açude Umari a menor largura de sangradouro que permitisse que a cheia de 1000 anos não atingisse a ponte a montante da barragem. Esse valor foi encontrado por tentativas igual a 100 metros.
- O açude Umari foi dimensionado com base no máximo volume acumulável sem atingir a ponte na BR-020. Isso só foi possível após analisar-se os dados do anteriores e os dados de volume anual afluente



médio. Após uma análise desses fatores, verificou-se que hidrologicamente se poderia acumular mais volume com um bom incremento na vazão regularizada, o que não é possível devido à limitação da ponte. A cota do vertedouro foi, portanto, definida em 310,00 m, acumulando-se um volume de 35,04 hm³, o máximo permitido para não afetar-se a ponte.

- 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)
932	3,12	1055	3,39

- Foram determinadas as vazões regularizadas com 90%,95% e 99% de garantia a partir do uso do modelo HEC-3.

Quadro 5.2 - Vazões Regularizadas (l/s)

V=35,04 hm ³		
Q(l/s)	FALHAS	GAR(%)
390	100	90%
290	48	95%
190	12	99%

Consórcio



MONTGOMERY WATSON

