



Folha de Dados

IDGED:

0107/08

LOTE:

1189

AUTOR:

AGUASOLOS; SRH

TÍTULO:

BARRAGEM BATENTE MUNICIPIO DE MORADA NOVA

SUBTÍTULO:

RELATÓRIO DE ANDAMENTO

JUNHO 1995



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH

BARRAGEM BATENTE
(MUNICÍPIO DE PIRANGI)

RELATÓRIO DE ANDAMENTO

Lote: 01189 - Prep Scan Index
Projeto N: 0107/08
Volume _____
Qtd. A1 _____ Qtd. A3 _____
Qtd. A2 _____ Qtd. A1 _____
Qtd. A0 _____ Outros _____

0107.08



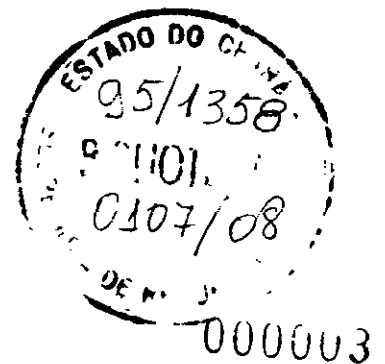
GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ

SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS

BARRAGEM BATENTE

Município de PIRANGI

RELATÓRIO DE ANDAMENTO



I - INTRODUÇÃO

O presente Relatório de Andamento diz respeito ao desenvolvimento de providências destinadas a elaboração do Projeto Executivo da Barragem Batente, no município de Pirangi, Ce, em decorrência do Contrato firmado entre a Secretaria de Recursos Hídricos - SHR e AGUASOLOS, conforme Carta Convite nº 35/94 e Contrato nº 089/94

A obra deverá barrar o rio Pirangi em um ponto situado a uma distância de, aproximadamente, 100 km da sua foz com o Oceano, e terá como finalidade principal a regularização do rio, bem como o abastecimento das populações ribeirinhas, a irrigação, o desenvolvimento de atividades de piscicultura, assim como o aproveitamento agrícola das vazantes às margens do lago

A barragem situar-se-á a cerca de 20 km a montante da sede do distrito de São João do Aruaru, nas imediações do povoado de Batente, estando o eixo localizado na fronteira dos municípios de Morada Nova e Ocara

O acesso ao local da barragem, a partir de Fortaleza, é feito através da BR-116, até Cristais, quilômetro 91, da referida rodovia. Neste ponto, toma-se a CE-111, que liga a BR-116 a Morada Nova, na qual se percorre 20 km por uma estrada carroçável, até o sítio a ser barrado

II - ARRANJO GERAL DAS OBRAS

Para definição do Projeto Executivo da Barragem Batente, estão sendo estudadas algumas alternativas, considerando as condições físicas locais, bem como os materiais existentes na região, mão-de-obra, todos estes aspectos condicionados aos fatores topográficos, geológicos, geotécnicos e ecológicos, aonde o rio será barrado, assim como na área em que se formará o açude

2.1 - ARRANJO GERAL

2.1.1 - BARRAGEM

Preliminarmente, os estudos apontavam para uma barragem mista, em que parte do maciço seria de terra, com um vertedouro central. No sentido de se aliar os aspectos técnicos à economicidade da obra, decidiu-se por novos estudos, face aos perfis geotécnicos definidos pelas sondagens realizadas no eixo do barramento

Assim é que, aguardando nova campanha de geotecnia solicitada à SRH, a AGUASOLOS procurará desenvolver um projeto em que as operações se desenvolvam dentro da habitual técnica, mas, com um sentido maior de utilizar os materiais escaváveis no sangradouro, no maciço da barragem, eliminando volumes apreciáveis de concreto que resultaram de uma primeira alternativa

2.1.2 - VERTEDOURO

O vertedouro da barragem que se situaria na parte central da barragem, está sendo reanalisado face às referidas sondagens, procurando-se projetá-lo na ombreira direita, fora do corpo da barragem. Para tanto, há necessidade de se conhecer a profundidade da rocha naquela área, bem como o tipo de material residual que cobre o manto lítico

A expectativa é de que o corte de material a ser feito para implantação do vertedouro seja tal que o desmonte de terra seja transferido para a barragem, na construção do maciço sílico-argiloso

Dependendo da profundidade da rocha, poderá haver a necessidade da implantação de um perfil vertedor do tipo Creager, com uma bacia de dissipação, modelo U S Bureau of Reclamation.

Uma outra hipótese é a de um sangradouro do tipo labirinto, caso as escavações se revelem superiores às necessidades para a construção do maciço da barragem

Toda e qualquer definição dependerá, contudo, do resultado das sondagens e do estudo do solo residual ora em execução, ordenados pela SRH

A possibilidade de uma estrutura em concreto compactado a rolo, CCR, revestido de concreto convencional, cujas características técnicas estarão definidas em Especificações Técnicas apropriadas, não está descartada, dependendo, contudo do volume das estruturas em concreto que possam compor o Projeto Executivo

Embora, numa primeira avaliação, o sangradouro venha a possuir um desenvolvimento de cerca de 280,00 m de comprimento, conforme hidrologia desenvolvida e que será apresentada no Projeto Executivo, ainda assim, a definição final dependerá dos estudos em andamento, no campo

2.2 - CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DAS OBRAS

2.2.1 - BOQUEIRÃO

A barragem Batente estará construída num local em que o boqueirão se apresenta com grande desenvolvimento transversal ao rio, possuindo ombreiras relativamente baixas, sendo a topografia pela margem esquerda mais elevada que a oposta, isto é, a margem direita

2.2.2 - BARRAGEM

A barragem possuirá um desenvolvimento total de 750,00m de comprimento, podendo ser ampliada, face ao resultado dos estudos geotécnicos complementares, ora em andamento

Uma vez definido o volume de escavação do sangradouro, encontrando-se as características necessárias no solo residual a ser escavado, o maciço do barramento será de terra, do tipo homogêneo, com filtros, enrocamento de pé e revestimento de talude de montante, por "rip-rap" O coroamento será revestido por material de alta capacidade de infiltração, de preferência do tipo cascalhinho

É evidente que escolha da seção tipo deverá ser baseada nos estudos geotécnicos desenvolvidos na região e nos complementares em andamento, nas características do aluvião encontrado no rio Pirangi, nas condições geológicas ao

longo do eixo a ser barrado, bem como na geologia regional, em que materiais pétreos são abundantes.

A baixa altura máxima da barragem de terra, do tipo de solo encontrado, são fatores que obviamente desobrigam cálculos mais sofisticados para a estabilidade dos taludes da barragem

2.2.3 - VERTEDOIRO

Apesar de ainda não definido o tipo de sangradouro, a crista do mesmo deverá se situar na cota 99,00, face aos condicionantes topográficos, implicando numa acumulação da barragem, em cerca de $28,9 \times 10^6$ m³ d'água

A descarga máxima prevista para o mesmo, segundo estudos do Eng^o Francisco Aguiar, seria de cerca de 1571,00 m³/s, para um tempo de recorrência igual a 100 anos. Contudo, estudos outros foram desenvolvidos, de modo a se aproveitar a laminação passível de se obter pela formação do lago, cujos resultados estão anexo a este Relatório Preliminar

Para dar vazão à descarga, e no sentido de dar um máximo rendimento ao lago a ser formado, prevê-se, numa primeira tentativa, uma lâmina máxima de cerca de 2,00m de altura

III - FICHA TÉCNICA

Baseado nos dados colhidos nos estudos já realizados, podem ser apresentados os seguintes elementos, como preliminares para a formação de uma Ficha Técnica, para a barragem Batente

FICHA TÉCNICA

BARRAGEM BATENTE

a) Localização

- Rio Pirangi
- Sistema Pirangi
- Município Morada Nova/Ocara
- Estado Ceará

b) Características Gerais

- Área da bacia hidrográfica 1369,20km²
- Área da bacia hidráulica (cota 102) . . . 1444,0ha
- Volume máximo do reservatório . . . 28,9 x 10⁶ m³

c) Barragem

- Tipo. A definir
- Cota do coroamento 102,00
- Altura máxima 12,00 m
- Comprimento da crista 750,00m
- Largura da crista 5,00m

d) Barragem vertedoura (RCC)

- Cota da soleira 99,00
- Largura 285,0m
- Vazão (TR = 100 anos) 1571,0m³/s
- Volume de corte A definir
- Volume de concreto A definir

IV - ESTUDOS BÁSICOS REALIZADOS

4.1 - GENERALIDADES

A definição do boqueirão da barragem Batente decorreu de visitas à área, procurando identificar-se um local mais apropriado para a implantação do barramento. O local escolhido, dentre outros, foi o que se apresentou como o mais indicado, apesar de sua topografia relativamente plana e pouco movimentada.

Uma vez definido o boqueirão, foi feito o levantamento topográfico do eixo barrável, bem como de toda a bacia hidrográfica, cujas plantas fazem parte do Projeto Executivo.

Definido o boqueirão, os estudos prosseguiram, atendendo às seguintes atividades:

- Estudos Hidrológicos;
- Estudos Geológicos;
- Estudos Geotécnicos

Estes estudos permitiram o desenvolvimento de alternativas que avaliadas, deu margem à escolha da solução apresentada.

A definição da cota de acumulação da barragem, decorreu da limitação imposta pelos condicionantes topográficos, embora, sob o aspecto hidrológico, a barragem pudesse acumular um volume bem superior ao ora definido. Este condicionante, por outro lado, levou a se projetar um sangradouro de custo relativamente elevado, uma vez que a descarga máxima secular, tomada para o dimensionamento do mesmo, possui um valor elevado, consequência da grande bacia hidrográfica do rio Pirangi.

4.2 - ESTUDOS HIDROLÓGICOS

A avaliação da descarga máxima passível de ocorrer no local do barramento, com um tempo de recorrência igual a 100 anos, teve por base os estudos desenvolvidos pelo Eng^o Francisco Aguiar, para regiões do nordeste Brasileiro.

Considerando-se o tipo de barramento a ser construído, em que a bacia hidráulica se apresentará com uma área relativamente pequena e com pequena acumulação, e, tendo em vista os critérios adotados por Aguiar para a sua metodologia, não há que se esperar grandes resultados que poderiam advir de um estudo de laminação para o lago a ser formado, com vistas à uma possível redução das dimensões do vertedouro.

4.3 - ESTUDOS GEOLÓGICOS

A identificação geológica da região e, mais detalhadamente, do eixo barrável, foi realizada com base em farta bibliografia existente sobre a região, bem como em decorrência de visita feita ao local das obras.

A descrição geológica da bacia, e particularmente do local do barramento fazem parte deste trabalho.

4.4 - ESTUDOS GEOTÉCNICOS

Para a definição do projeto executivo da barragem Batente, foi necessário se fazer uma avaliação das características da fundação das obras, bem como se levantar os materiais existentes na região, de modo que se pudesse aplicá-los na execução dos trabalhos.

Assim é que, foram executados sondagens mistas ao longo do eixo a ser barrado. Foram, também, identificadas jazidas de material silico argiloso, com a extração de amostras e sua caracterização geotécnica, cujos perfis constam do Projeto Executivo. Definição de jazidas de areias, bem como de locais passíveis de exploração de pedreiras, foi determinada, cujas plantas de localização estão contidas neste Relatório.

V - RESULTADOS DOS ESTUDOS REALIZADOS

5 - ESTUDOS HIDROLÓGICOS

Os estudos hidrológicos do Açude Batente objetivaram a caracterização do regime do escoamento fluvial na seção de barragem. Essa caracterização deu-se tanto do ponto de vista das disponibilidades hídricas mensais para irrigação e abastecimento humano, como em termos de vazão máxima instantânea, para dimensionamento do sangradouro.

5.1 Pluviometria

- Os estudos de pluviometria da região objetivaram caracterizar o regime pluviométrico para
 - Chuvas máximas diárias para diversos períodos de retorno
 - Gráficos intensidade x duração x frequência
 - Chuvas médias diárias sobre a bacia
 - Chuvas médias mensais
 - Chuvas de projeto

5.1.1 Dados Disponíveis

Para os estudos do regime pluviométrico na bacia do açude Batente foram utilizadas as seguintes estações pluviométricas do Quadro 1.

QUADRO 1

ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS

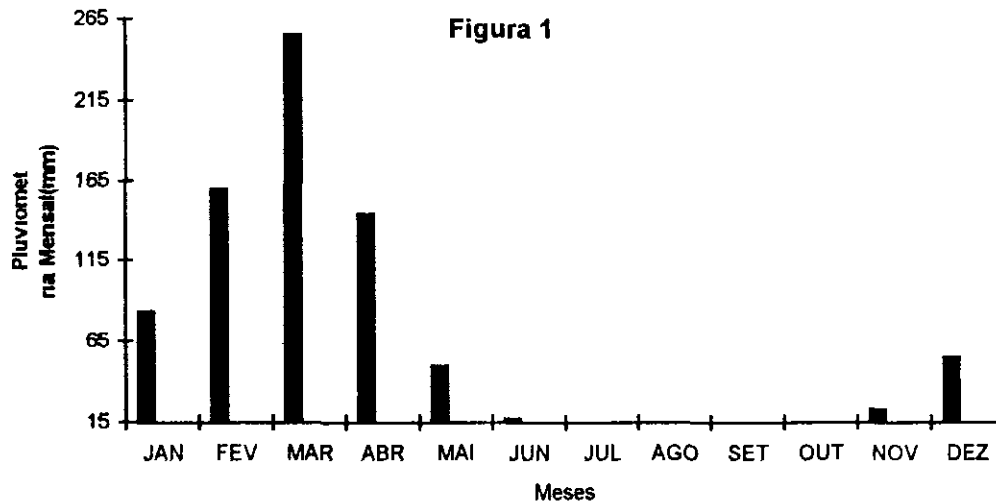
ESTAÇÃO	CÓDIGO	MUNICÍPIO	LATITUDE	LONGITUDE	ALTURA (M)
OLHO D'ÁGUA	2892531	QUIXADÁ	4° 45'	38° 51'	290
IBICUITINGA	2892972	MORADA NOVA	4° 58'	38° 39'	230

Os arquivos de chuva diária consistida do PERH (Plano Estadual de Recursos Hídricos) foram coletados, em formato digital, e utilizados neste estudo.

5.1.2 Caracterização do Regime Pluviométrico Mensal

O regime pluviométrico mensal na região é caracterizado por uma forte concentração de chuvas no primeiro semestre. Isso pode ser observado pelo histograma da Figura 1, para o posto de Olho D'Água.

Para essa estação, a média pluviométrica dos totais anuais é de 782 mm



5.1.3. CHUVAS MÁXIMAS

Selecionou-se a estação de Olho D'água como a mais representativa para a elaboração dos estudos de ocorrência das chuvas máximas, não só por sua localização como pela extensão dos registros diários (51 anos completos)

Foi utilizado, então, um programa computacional para ajustar a série de máximas a sete distribuições estatísticas. Selecionou-se a que melhor se ajustou à série de dados, que foi a distribuição Log Pearson III, ponderada pelo coeficiente de assimetria. Os resultados são mostrados a seguir, inclusive a estimativa para períodos de retorno de interesse.

5.1.4 Chuvas Intensas

Para a obtenção do gráfico intensidade-duração-frequência utilizou-se o método das isozonas, do Prof. Jaime Taborga, largamente difundido para estudos dessa natureza.

O método consiste em

a) Pondera-se a chuva máxima para os períodos de retorno de interesse por um fator de área, que relaciona a chuva média sobre a bacia com a chuva pontual de uma estação

A equação é

$$P_A = P_o(1 - 0,10 \log \frac{A}{A_o}), \text{ onde}$$

P_A - Precipitação média sobre a bacia

P_o - Precipitação no posto

A - Área da bacia

A_o - Área base, igual a 25 km²

Para a bacia em questão, $P_A = P_o \cdot 0,83$, obtendo-se as chuvas máximas de 1 dia

P (Tr = 100 anos) = 140,5 x 0,83 = 116,6 mm

P (Tr = 500 anos) = 183,5 x 0,83 = 152,3 mm

P (Tr = 1000 anos) = 205,4 x 0,83 = 170,5 mm

b) Transforma-se os valores de 1 dia em chuva de 24 horas multiplicando-se a primeira pelo fator 1,10

c) Determina-se a isozona correspondente à área do projeto pela Figura 2 (Isozona G)

d) Na tabela da mesma figura, fixa-se para a isozona de projeto e para o tempo de recorrência previsto, as percentagens para 6 min e 1h.

e) Calcula-se, com essas percentagens e a chuva de 24 h (100%), as alturas de chuva de 6 min e 1 h

f) Em papel logarítmico apropriado, liga-se os valores de 24 h, 1 h e 6 min (Figura 3)

g) Para qualquer tempo de duração entre 6 min e 24 h, lê-se a altura correspondente no gráfico do papel de probabilidades da Figura 3

5.1.5 Chuva de Projeto

A chuva de projeto deve ter duração pelo menos igual ao tempo de concentração da bacia, para obter-se a máxima contribuição na seção de controle.

O tempo de concentração foi estimado pela fórmula já tradicional de Kirpich

$$Tc = 0,39 \left(\frac{L^2}{S} \right)^{0,385}, \text{ sendo}$$

L - Comprimento do talvegue, em km

S - Declividade, em %

O valor estimado para a bacia em estudo foi de $Tc = 17$ horas

Adotou-se, para a chuva de projeto, 24 horas de duração

No Gráfico da Figura 3 o valor da chuva de 24 horas para os períodos de retorno de 100 anos e 1000 anos é de

$P(100, 24) = 128 \text{ mm}$

$P(1000, 24) = 187 \text{ mm}$

Para distribuir essa chuva em intervalos de três horas, utilizou-se uma distribuição temporal que procura reorganizar os quatro primeiros intervalos de tempo, posicionando o pico no quarto intervalo. Obtêm-se, assim, a chuva de projeto do Quadro 2 a seguir, para as chuvas de 100 anos e 1000 anos de T_r .

QUADRO 2

CHUVAS DE PROJETO (MM), PARA CADA T_r

D (h)	100		1000	
	PREC.	ACUMULADO	PREC.	ACUMULADO
3	6,0	6,0	12,0	12,0
6	10,0	16,0	13,0	25,0
9	15,0	31,0	23,0	48,0
12	78,0	109,0	112,0	160,0
15	9,0	118,0	8,0	168,0
18	2,0	120,0	7,0	175,0
21	4,0	124,0	5,0	180,0
24	4,0	128,0	7,0	187,0
TOTAL	128,0		187,0	

5.1.6 Chuva Média Diária

Para a obtenção da série fluviométrica mensal via modelo chuva-deflúvio, fez-se necessária a obtenção da chuva média diária sobre a bacia.

Esses valores foram obtidos pela ponderação, pelo método de Thiessen, das chuvas diárias dos postos do Quadro 1. Esse processo foi feito computacionalmente.

A série obtida, de 1933 a 1988, possui média anual de 813,9 mm.

5.2 Fluviometria

Os estudos da fluviometria da região tiveram como objetivos, a obtenção dos hidrogramas de projeto para as cheias de 100 e 1000 anos de período de retorno, a obtenção da série de deflúvios mensais para simulação da operação do açude.

5.2.1 Cheias de projeto

Devido à ausência de dados fluviométricos, optou-se por utilizar o hidrograma sintético do Soil Conservation Service (SCS).

Fez-se uso do modelo computacional que simula a ocorrência da cheia de projeto, dados os parâmetros físicos da bacia e a chuva de projeto. Além disso, o modelo simula a passagem de onda de cheia pelo reservatório, obtendo-se o hidrograma laminado para cada TR.

O método de propagação utilizado é o método de Puls, largamente conhecido.

Os resultados obtidos podem ser observados a seguir, para os períodos de retorno de 100 e 1000 anos.

5.2.2 Vazões Médias Mensais

As vazões médias mensais foram obtidas pela aplicação do modelo chuva-deflúvio MODHAC (Lanna, 1989).

Para isso, utilizou-se os parâmetros ajustados no PERH (SRH, 1991) para o posto de Caio Prado, na vizinha bacia do Rio Choró, e a chuva média diária na bacia.

As vazões obtidas estão mostradas a seguir.

5.3 Simulação Mensal do Açude

Importante para a obtenção da capacidade de regularização do açude, a simulação mensal tem como base a equação do balanço hídrico a seguir

$$V_{t+1} = V_{Et} + Q_t + (P_t - E_t) \bar{A}_t - Q_R - S_t$$

Onde:

V_{t+1} - Volume no início do mês t+1

V_t - Volume no início do mês t

Q_t - Vazão afluyente no mês t

P_t - Precipitação sobre o espelho d'água no mês t

E_t - Evaporação sobre o espelho d'água no mês t

\bar{A}_t - Área média, no mês t, do espelho d'água

Q_R - Vazão regularizada

S_t - Vazão sangrada no mês t

Utilizando-se de um modelo computacional, simulou-se de 1933 a 1988, obtendo-se uma vazão regularizada a 90% de 0,45 m³/s

A seguir é apresentada a curva de regularização do açude, resultado da simulação

6 - GEOLOGIA LOCAL

A geologia no local da implantação das obras, é relativamente simples. As ombreiras naturais são constituídas por solos residuais que, em profundidade, graduaem-se em solo de alteração da rocha gnáissica. A composição desse solo é silte-areno-argiloso, de cor cinza a avermelhada.

No leito do rio ocorre uma camada de solo aluvionar, com espessura máxima de 6,0m. A composição granulométrica desse material é um silte arenoso, com intercalações caóticas de areia com presença de cascalho. Na base desse depósito ocorrem areias mais grosseiras, com cascalhos que chegam a atingir até 2,0cm de diâmetro.

O substrato rochoso é constituído basicamente de rocha gnáissica/granítica e/ou gnáissica/xistosa, com esporádicos veios de quartzo.

A análise estrutural envolve dois aspectos distintos que são as estruturas primárias, decorrentes da formação da rocha, tais como lineações e planos de xistosidade, e as estruturas secundárias representadas principalmente pelas fraturas de várias origens e feições.

Quanto as estruturas primárias, verificou-se que as direções de lineações mais frequentes gira em torno de N30°E e está em conformidade com o "trend" regional.

As estruturas secundárias, representadas pelas fraturas, apresentam as seguintes direções preferenciais, N20°W, N80°W e N20E sendo esta última a menos freqüente. A presença de fraturas não devem comprometer as fundações da barragem, pois mesmo as fraturas mais comuns, não se apresentam com grandes aberturas, o que restringe o perigo de fuga.

Os fatores geológicos-geotécnicos, analisados em estudos superficiais e complementados pelas investigações sub-superficiais não impõem precaução no tocante às fundações.

7 - GEOTECNIA

7.1 - INVESTIGAÇÕES GEOTÉCNICAS NO SÍTIO BARRÁVEL

O objetivo básico destas investigações foi o de reconhecer as características dos solos e rochas da área de implantação das obras e a partir desse estudo definir as condições de fundação. Para tanto foi realizada uma campanha de sondagens percussiva, mista (percussão e rotativa) e poços de inspeção, como também os ensaios de permeabilidade e perda d'água que possibilitam um mapeamento hidrogeotécnico das fundações.

As sondagens percussivas tem como objetivo definir a espessura da camada de solo residual e dos depósitos aluviais sobre o embasamento rochoso e as resistências das camadas através do "SPT", realizado em cada metro de sondagem.

De uma maneira geral há uma predominância de material silte-areno-argiloso, solo residual, e uma predominância de areia com grande presença de cascalho no terraço aluvionar. Nestas sondagens foram realizadas ensaios de permeabilidade "IN SITU" com carga constante.

As sondagens rotativas, foram realizadas com objetivo de reconhecer as características das rochas em subsuperfície ao longo do eixo barrável e área do sangradouro. As informações obtidas referem-se ao estágio de alteração das rochas, condições de fraturamento e estanqueidade, definida pelos ensaios de perda d'água sob pressão.

Como pode ser observado nos perfis individuais das sondagens SM-1, SM-2, SM-3 e SM-4, indicam que a rocha em subsuperfície é um gnaisse/granítico e/ou gnaisse/xistoso, são, pouco a medianamente fraturado e consistente. O pouco a médio fraturamento associado a baixa alteração de rocha, caracteriza um ótimo percentual de recuperação dos testemunhos.

As sondagens, SM-1, SM-2, e SM-3 indicam a predominância de gnaisse/granítico, e a SM-4 tem-se a dominância do gnaisse/xistoso em relação aquele.

Os poços de inspeção distribuídos ao longo do sítio do barramento, tiveram como principal objetivo o balizamento do embasamento rochoso abaixo da camada de solos residuais.

Todos os poços foram escavados até o ponto em que não mais permitisse a penetração manual por meio de pá e picareta. A profundidade máxima atingida foi de 2,20m, no poço localizado 20m a montante da estaca 3 do local estudado para o sangradouro.

Os perfis individuais das investigações geológicas-geotécnicas são mostrados a seguir, Anexo 1 e no perfil Geológico/Geotécnico do Boqueirão, Desenho

7.2 - MATERIAIS DE EMPRÉSTIMOS

Inicialmente foi feito um reconhecimento de toda a área em volta do barramento, de modo a localizar possíveis ocorrências de materiais de empréstimos, examinando a qualidade e estimando os volumes disponíveis.

Desta forma, foi identificada e estudada uma sequência de cinco jazidas de materiais terrosos, uma jazida de areia e uma pedreira, como é visto no croqui de localização dos materiais de empréstimos.

As áreas dos materiais terrosos localizam-se todas na ombreira esquerda da barragem, sendo que as quatro que se encontram a montante do eixo da barragem apresentam uma granulometria mais grosseira e coloração avermelhada. A espessura média do material utilizável é de aproximadamente 1,5m.

Para detalhamento destas áreas foi feita inspeções através da abertura de poços, que permitiu a cubação dos materiais terrosos existentes na jazida e possíveis de serem utilizados no maciço da barragem, bem como a coleta de amostras, para realização de ensaios laboratoriais. O resultado dessas análises serão apresentadas no Relatório Final do Projeto Executivo.

A jazida de areia encontra-se no leito do rio Pirangi, com granulometria média a grossa como demonstraram os ensaios já realizados.

A pedreira estudada é constituída por uma rocha gnáissica de coloração cinza clara a cinza escura, com granulação média e bastante consistente.