

AHE ITAOCARA I

PROJETO BÁSICO



VOLUME I

TEXTO

PJ0722-B-R00-GR-RL-101-1A

ABRIL/2010

AHE Itaocara I

| | | | | | |
|-------------|-------------|------------------|--------------|--------------|---------------|
| 1A | ABR/2010 | Revisão Geral | Diversos | LR / HACB | JEM |
| 0 | NOV/2009 | Emissão | Diversos | LR / HACB | JEM |
| REV. | DATA | DESCRIÇÃO | ELAB. | VISTO | APROV. |

ÍNDICE

| <i>Item</i> | <i>Assunto</i> | <i>Página</i> |
|-------------|--|---------------|
| 1. | APRESENTAÇÃO | 01 |
| 2. | INTRODUÇÃO | 03 |
| 2.1. | OBJETIVO DOS ESTUDOS | 04 |
| 2.2. | HISTÓRICO E ESTUDOS DESENVOLVIDOS | 05 |
| 2.2.1. | <u>Estudos de Inventário Hidrelétrico</u> | 05 |
| 2.2.2. | <u>Estudos de Viabilidade</u> | 05 |
| 2.2.3. | <u>Relatório de Validação de Alternativa para Viabilização Ambiental</u> | 06 |
| 2.3. | CARACTERÍSTICAS | 09 |
| 2.3.1. | <u>Localização e Acessos</u> | 09 |
| 2.3.2. | <u>Características Físico-Energéticas</u> | 09 |
| 2.3.3. | <u>Ficha Técnica</u> | 10 |
| 3. | LEVANTAMENTOS COMPLEMENTARES | 11 |
| 3.1. | DADOS EXISTENTES | 12 |
| 3.1.1. | <u>Dados Cartográficos</u> | 12 |
| 3.1.2. | <u>Dados Hidrometeorológicos</u> | 12 |
| 3.1.3. | <u>Dados Geológicos</u> | 14 |
| 3.1.4. | <u>Dados Ambientais</u> | 14 |
| 3.2. | LEVANTAMENTOS EXECUTADOS | 15 |
| 3.2.1. | <u>Cartográficos e Topográficos</u> | 15 |
| 3.2.2. | <u>Hidrometeorológicos</u> | 17 |
| 3.2.3. | <u>Geológicos e Geotécnicos</u> | 20 |
| 3.2.4. | <u>Socioambientais</u> | 21 |
| 4. | ESTUDOS BÁSICOS | 22 |
| 4.1. | HIDROMETEOROLÓGICOS | 23 |
| 4.1.1. | <u>Caracterização Fisiográfica da Bacia</u> | 23 |

| | | |
|-------------|---|-----|
| 4.1.2. | <u>Aspectos Climáticos</u> | 30 |
| 4.1.3. | <u>Chuvas Intensas</u> | 39 |
| 4.1.4. | <u>Série de Vazões</u> | 43 |
| 4.1.5. | <u>Vazões Máximas</u> | 58 |
| 4.1.6. | <u>Vazões Mínimas</u> | 70 |
| 4.1.7. | <u>Curvas-Chave Naturais</u> | 72 |
| 4.1.8. | <u>Curvas Cota x Área e Cota x Volume</u> | 100 |
| 4.1.9. | <u>Hidrossedimentologia</u> | 101 |
| 4.1.10. | <u>Remanso do Reservatório</u> | 124 |
| 4.1.11. | <u>Curvas-Chave com Aproveitamentos em Operação</u> | 155 |
| 4.1.12. | <u>Borda Livre</u> | 159 |
| 4.1.13. | <u>Amortecimento da Cheia de Projeto</u> | 162 |
| 4.1.14. | <u>Enchimento do Reservatório</u> | 169 |
| 4.1.15. | <u>Instrumentos Hidrométricos para Atendimento a Resolução ANEEL 396/98</u> | 173 |
| 4.2. | HIDRÁULICOS | 175 |
| 4.2.1. | <u>Estudos Hidráulicos para o Desvio e Controle do Rio durante a Construção</u> | 175 |
| 4.2.2. | <u>Estudos de Dimensionamento Hidráulico do Vertedouro</u> | 185 |
| 4.2.3. | <u>Estudos Hidráulicos do Circuito de Geração</u> | 188 |
| 4.3. | ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS | 189 |
| 4.3.1. | <u>Aspectos Gerais</u> | 189 |
| 4.3.2. | <u>Geologia Local</u> | 190 |
| 4.3.3. | <u>Estudos para as Escavações e Fundações</u> | 190 |
| 4.3.4. | <u>Materiais Naturais de Construção</u> | 192 |
| 4.4. | ESTUDOS TECNOLÓGICOS DE CONCRETO | 193 |
| 4.5. | ESTUDOS ENERGÉTICOS | 194 |
| 4.5.1. | <u>Critérios Empregados</u> | 194 |
| 4.5.2. | <u>Simulações Energéticas</u> | 197 |
| 4.5.3. | <u>Benefícios Energéticos</u> | 199 |
| 4.6. | ESTUDOS SOCIOAMBIENTAIS | 201 |
| 5. | DESCRIÇÃO DAS OBRAS PRINCIPAIS | 202 |
| 5.1. | ARRANJO GERAL | 203 |
| 5.1.1. | <u>Descrição Geral</u> | 203 |
| 5.2. | DESVIO E CONTROLE DO RIO DURANTE A CONSTRUÇÃO | 204 |
| 5.2.1. | <u>Pré-ensecadeiras e Ensecadeiras</u> | 205 |
| 5.2.2. | <u>Canais de Aproximação e de Restituição</u> | 206 |
| 5.2.3. | <u>Adufas de Desvio</u> | 206 |
| 5.3. | BARRAGEM E DIQUE | 207 |

2. INTRODUÇÃO

b) Dados Fluviométricos Regionais

Foram também utilizados os dados de vazões médias diárias, obtidos no Hidroweb em novembro de 2008, para os postos na área da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, contribuinte para o AHE Itaocara a seguir tabelados.

Tabela 3.2
Postos Fluviométricos no Rio Paraíba do Sul

| Código | Nome | Estado | Coordenadas | | Área de Drenagem (km ²) | Período |
|----------|-----------------|--------|--------------|--------------|-------------------------------------|-------------------|
| | | | Latitude | Longitude | | |
| 58630002 | Anta (G) | RJ | -22° 02' 07" | -42° 59' 27" | 30.579 | 10/1930 a 12/2005 |
| 58235100 | Queluz | SP | -22° 32' 24" | -44° 46' 22" | 12.749 | 11/1934 a 12/2007 |
| 58183000 | Pindamonhangaba | SP | -22° 54' 40" | -45° 28' 13" | 9.576 | 01/1939 a 09/2006 |

3.1.2.3. Sedimentométricos

Foram obtidos dados dos serviços hidrossedimentométricos realizados pela Hidrotécnica (Jan/98 a Ago/99) e pela Light (Ago/99 a Mar/01). Esses dados fornecidos pela Light, levantados no âmbito dos Estudos de Viabilidade do AHE Itaocara caracterizam as condições de transporte sólido local do rio Paraíba do Sul, apresentados na Tabela 4.80 e no Apêndice C.

3.1.3. Dados Geológicos

Os dados geológicos existentes foram obtidos dos “Estudos de Viabilidade – UHE Itaocara - Relatório Final”, desenvolvido pela Engevix Engenharia S/C Ltda, em 2001 e pelo “Relatório Final das Investigações Geológico Geotécnicas Complementares na Área da Barragem Realizadas no Período de Dezembro de 2001 a Janeiro de 2002 (DCT.T03.003.2002-R0)”, elaborado por Furnas Centrais Elétricas S.A.

3.1.4. Dados Ambientais

Os estudos contém a descrição e a análise dos fatores ambientais e suas interações, caracterizando a situação ambiental das áreas de influência (meios físico, biótico e socioeconômico), antes da implantação do empreendimento, e englobando as variáveis suscetíveis a sofrer, direta ou indiretamente, os efeitos das ações previstas para todas as fases de implantação e operação do empreendimento.

Tabela 3.4 (Continuação)
Seções Topobatimétricas Localizadas na Área do AHE Itaocara I

| Identificação | | Coordenadas | | | | Rio | Ajustamento de cotas |
|---------------|------------|-------------|-----------|-----------|-----------|-------------|----------------------|
| | | PI | | PF | | | |
| Campo | Escritório | Lat (S) | Long (W) | Lat (S) | Long (W) | | |
| S-3 | S-3 | 21°40'51" | 42°16'16" | 21°40'52" | 42°16'17" | Pirapetinga | 0,361 |
| S-4 | S-4 | 21°40'40" | 42°16'43" | 21°40'41" | 42°16'42" | Pirapetinga | 0,361 |
| S-5 | S-5 | 21°40'05" | 42°17'02" | 21°40'06" | 42°17'04" | Pirapetinga | 0,361 |

Nota: A identificação das seções realizadas no escritório teve como finalidade a compatibilização com o modelo HEC-RAS.

No Apêndice C consta o relatório final dos serviços, emitido pela empresa de hidrometria Cohidro, contendo as fichas descritivas das estações, as leituras de réguas, os cálculos de medição de descarga líquida, os resultados das análises de laboratório das amostras de sedimentos, os perfis de linha d'água levantados e as seções topobatimétricas levantadas.

3.2.3. Geológicos e Geotécnicos

Para a elaboração dos estudos de caracterização do Projeto Básico foram utilizados os dados dos levantamentos executados nas campanhas de investigações geológico-geotécnicas realizadas pela Engevix para os Estudos de Viabilidade da UHE Itaocara em 2001. Os serviços constituíram-se na execução de 15 sondagens rotativas com ensaios de perda d'água em rocha, 5 sondagens mistas com ensaios de infiltração e SPT em solos e de perda d'água em rocha, 20 poços de inspeção e amostragem de solos, no local da barragem e nas áreas de empréstimo. Com 03 amostras de solos foram executados ensaios de laboratório (caracterização e compactação).

Posteriormente Furnas Centrais Elétricas S.A. executou serviços complementares de investigações geológico-geotécnicas de campo. Os serviços constituíram-se na execução de 5 sondagens rotativas, 1 poço de inspeção (incluindo coleta de amostra) e ensaio de perda d'água sob pressão, na área de estudo. Os dados levantados foram apresentados no Relatório Final das Investigações Geológico-Geotécnicas Complementares na Área da Barragem em Janeiro de 2002, sob a forma de perfis, tabelas e fotos.

Após a identificação das amostras por meio de registros seqüenciais foram realizadas análises táctil-visuais. Os ensaios de perda d'água foram realizados em apenas um furo de sondagem, localizado na ombreira direita, de acordo com as especificações técnicas do serviço.

Com o desenvolvimento dos estudos, foram realizados ainda caminhamentos/mapeamentos geológicos no local dos estudos, quando afloramentos, cortes de estrada, ravinas naturais, pedrais expostos no leito do rio, barrancas de rio, etc, foram inspecionados e correlacionados aos dados de subsuperfície .

Para o aprofundamento das investigações de campo, na atual fase dos estudos, foram executados sondagens a trado e poços de inspeção com objetivo de coletar amostras deformadas e indeformadas, respectivamente, para realização de ensaios de laboratório.

3.2.4. Socioambientais

As informações de caráter regional e da área de influência indireta foram baseadas em dados secundários atuais e foram complementados com dados primários. As informações ambientais básicas foram obtidas nos órgãos oficiais, universidades e demais entidades locais e regionais, iniciativa privada e instituições nacionais que produzem conhecimento, e foram complementadas, para a área de influência direta, com trabalhos de campo para validação ou refinamento desses dados ou informações.

Para a área de influência direta e área diretamente afetada foram coletados dados primários em campo de forma a permitir o pleno entendimento da dinâmica e das interações existentes entre os meios físico, biótico e socioeconômico e cultural, bem como a fragilidade ambiental com a inserção do empreendimento.

Os trabalhos em campo consistiram em:

a) Meio Físico

- 1 campanha de meio físico (geral)
- 1 campanha de campo de pedologia
- 1 campanha de campo de recursos hídricos
- 4 campanhas de campo de qualidade da água

b) Meio Biótico

- 2 campanhas de campo de vegetação
- 2 campanhas de campo de fauna terrestre (ornitofauna, herpetofauna e mastofauna)
- 2 campanhas de campo de malacofauna
- 2 campanhas de campo de vetores
- 4 campanhas de campo de limnologia
- 4 campanhas de campo de ictiofauna
- 4 campanhas de campo de carcinofauna
- 2 campanhas de campo de mamíferos semiaquáticos
- 3 campanhas de campo de quelônios

c) Meio Socioeconômico

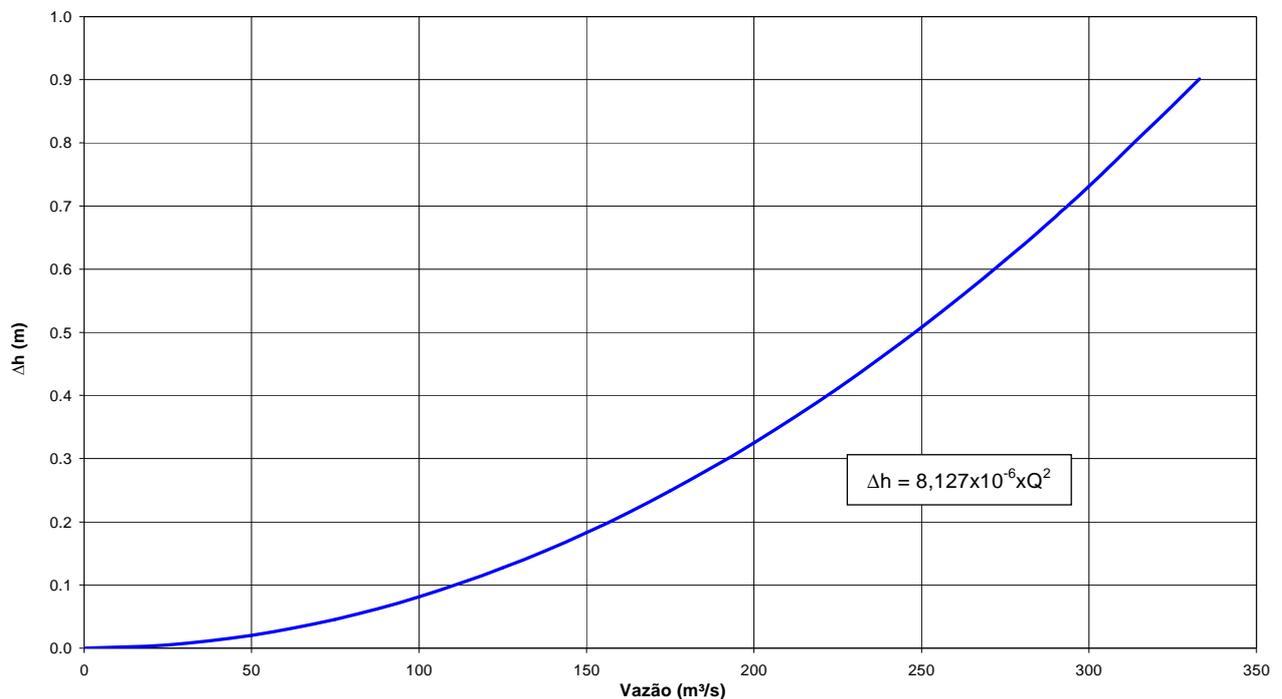
- 5 campanhas de campo de socioeconomia (2 institucionais e 3 de modos de vida)
- 3 campanhas de campo de recursos pesqueiros (2 em conjunto com a ictiofauna)
- 2 campanhas de campo de cadastro socioeconômico

4. ESTUDOS BÁSICOS

As perdas por atrito, no trecho em pressão, foram calculadas utilizando a fórmula universal de Darcy- Weisbach e as perdas em singularidades estimadas a partir de bibliografia específica (Levin, l'delcick, Chaudhry, HDC e outros).

Desta forma, foi definida a curva de perda de carga no circuito considerando diversas vazões turbinadas, expressa na Figuras 4.181, a seguir.

Figura 4.181
AHE Itaocara I
Perda de Carga no Circuito de Adução



4.3. ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS

4.3.1. Aspectos Gerais

A topografia do local do futuro barramento pode ser considerada como acidentada, com encostas que, por vezes, apresentam escarpas rochosas subverticalizadas com desníveis da ordem de 100-110 metros desde o leito do rio (elevação 60-65 m) até o alto das ombreiras (165-170m).

O vale do barramento apresenta fundo chato com largura da ordem dos 1.100 m e encostas com inclinações médias da ordem dos 30° a 45°. O controle geral da drenagem e das elevações mais altas e seus alinhamentos de crista na região é comandado pelo lineamento gnáissico regional de direção NE-SW.

O leito do rio é constituído por um grande numero de ilhas normalmente encobertas por solos aluvionares, sendo que entre essas aparecem corredeiras onde é difícil a navegabilidade.

4.3.2. Geologia Local

O maciço rochoso no local das futuras obras está representado por rochas Pré-Cambrianas gnáissicas do Grupo Paraíba do Sul, conforme já descrito na Geologia Regional, no item 3.1 do Apêndice B – Estudos Geológico-Geotécnicos.

No local do barramento a rocha local passou a ser denominada de “Granitóide”, por sua textura característica muito próxima dos granitos. Merece destaque ainda o fato de que dentro da massa rochosa são identificáveis corpos de Xenólitos, por vezes de dimensões consideráveis, da ordem do metro ou maiores.

Detalhamento quanto à estratigrafia, litologia e estruturas geológicas estão apresentadas nos item 4.3 do Apêndice B.

4.3.3. Estudos para as Escavações e Fundações

4.3.3.1. Considerações Gerais

Neste item enfoca-se a caracterização dos materiais “in situ” visando, principalmente, a avaliação do comportamento desses materiais em função das exigências a serem impostas por cada diferente estrutura a ser implantada.

Para a caracterização desses materiais, foram usados, na descrição dos testemunhos de sondagens, os critérios recomendados pela ABGE (Associação Brasileira de Geologia de Engenharia) para a determinação dos diferentes parâmetros, sendo esses utilizados na classificação geotécnica das litologias encontradas.

A avaliação dos parâmetros utilizados dependeu, na maioria dos casos, de critérios subjetivos. Alguns recursos básicos destinados a reduzir tal subjetividade foram seguidos buscando-se atingir uma homogeneidade satisfatória e compatível com a atual fase de estudos.

4.3.3.2. Ensecadeiras

O condicionante básico à implantação das ensecadeiras é a presença das aluviões recentes que, em grande parte, deverão exigir a sua remoção da fundação. Onde esses se tornam muito espessos, no entanto, deverão permanecer, exigindo assim a execução de um *cut-off* até o topo da rocha sã.

4.3.3.3. Barramento

- Ombreira Direita

Nessa ombreira esta prevista uma barragem de concreto, de pequenas dimensões, denominada Barragem de Fechamento. Tendo em vista que no local o topo da rocha ocorre à pequena profundidade, cerca de 1-2 metros, essa estrutura deverá ser fundada sobre a rocha sã ou sobre a rocha pouco alterada.

No que se refere aos tratamentos de fundação, o maior grau de fraturamento nos horizontes mais superficiais da rocha, com maiores coeficientes de permeabilidade, conduziram à necessidade de se prever uma cortina de injeções de impermeabilização. Deve-se levar em consideração que esta fundação será bem caracterizada, pois as escavações dos Canais de Adução e Restituição e da Tomada d'Água deverão expor o maciço rochoso.

- Leito do Rio

A implantação da barragem de terra / enrocamento na região do leito do rio deverá encontrar pelo menos três situações distintas, a saber:

- Fundação direta sobre topo rochoso – Em grande parte do leito do rio, a rocha deverá estar aflorante devendo, após limpeza e regularização, receber os materiais do futuro aterro.

Nesse trecho de fundação, o tratamento dependerá dos condicionantes geológico-geotécnicos e contará com uma cortina de injeções de impermeabilização sob o eixo de barramento.

- No braço esquerdo do rio foi identificado um canal, com fundo a cerca de 7,00 m abaixo da elevação média das margens do rio, que poderá conter blocos de rocha de diversas dimensões, o que conduzirá à necessidade de cuidados especiais de forma a garantir uma vedação eficiente.
- Fundação sobre aluviões/solos residuais – Em certos trechos da fundação da barragem de terra, como na passagem por ilhas, as aluviões e eventuais horizontes de alteração de rocha poderão atingir espessuras significativas, da ordem dos 5-8 metros, o que, provavelmente, implicará em remoção superficial dos solos mais fofos (que registraram SPT da ordem dos 3-8 golpes) e tratamento da fundação antes do lançamento do aterro.

Nesse caso, no que se refere a tratamentos, está prevista a implantação de um *cut-off* no eixo do barramento, que deverá atingir o topo da rocha sã, e sistema de trincheira drenante e poços de alívio a jusante. A partir de camada de concreto de proteção que deverá capear o piso do *cut-off*, será executada uma cortina de injeções profundas que deverá atingir no mínimo 15 metros de profundidade.

- Ombreira Esquerda

No trecho de fundação da ombreira esquerda, a barragem de terra deverá ser fundada sobre colúvio e/ou solo residual.

As altas permeabilidades, associadas à presença de uma camada de rocha alterada, conduzirão a um tapete impermeável a montante da barragem e a um sistema de trincheira drenante e poços de alívio a jusante.

O tapete impermeável estende-se na ombreira esquerda até a El. 91,00 m e, na sua extremidade situada em cota inferior, está prevista a implantação de um pequeno *cut-off*, com altura inferior a 5 metros, assente no topo da rocha sã.

4.3.3.4. Dique de terra

Na ombreira esquerda, cerca de 270 metros a montante do eixo, está prevista a execução de um dique em solo compactado para o fechamento do ponto de fuga do reservatório.

Em termos de tratamento está previsto uma escavação de cerca de 1 metro para fundação do aterro. De modo geral estes solos apresentam valores baixos de permeabilidade, não sendo necessário nenhum tratamento específico.

4.3.3.5. Estruturas de Concreto

Na região das estruturas de concreto, detectou-se junto à margem direita do rio, a presença de um maciço rochoso, do tipo Granitóide, de boa qualidade, normalmente são (A.1 e C.1) e pouco fraturado (F.1). Os trechos fraturados estão ligados a sistemas estruturais subverticalizados que aparecem em faixas normalmente estreitas e alongadas, onde a rocha pode atingir parâmetros de fraturamento F.5.

Em relação ao tipo de tratamento profundo, está prevista uma cortina de injeções a partir da galeria, juntamente com uma cortina de drenagem, ambas com 15 metros de comprimento.

4.3.4. Materiais Naturais de Construção

4.3.4.1. Solos Finos

As investigações geológico-geotécnicas identificaram sete áreas de empréstimo próximas ao eixo de barramento, sendo quatro na margem esquerda e três na margem direita. As áreas da margem esquerda apresentam-se com espessura média da ordem de 6 metros, totalizando um volume estimado de 4.300.000 m³ de material terroso. As áreas de empréstimo da margem direita são menos promissoras e a espessura média está por volta de 5 metros, totalizando aproximadamente 2.300.000 m³.

Os solos coluvionares (cor marrom-amarelado) e os residuais de granitóide disponíveis nas áreas citadas (cor avermelhada) possuem, geralmente, características plásticas, pois são constituídos predominantemente de argila, com presença de silte, de areia fina a grossa e pequena porcentagem de pedregulho.

Todas as áreas investigadas constituem a parte superior de morros denominados “meia-laranja”, onde a topografia é relativamente suave e o perfil dos solos de intemperismo é mais espesso, com solos residuais maduros bem desenvolvidos. Recobrimo esses horizontes de alteração, ocorrem ainda, com maior ou menor espessura, os solos coluvionares, também adequados para utilização nos aterros compactados da barragem, dique e ensecadeiras.

4.3.4.2. Areias

Depósitos aluvionares arenosos foram identificados no leito, nas ilhas e nas margens do rio Paraíba do Sul.

A jusante do eixo do barramento, jazidas de aluviões arenosas ocorrem na forma de acumulações esparsas desde o fim da Ilha Serena até a localidade de Itaocara. As mais próximas do eixo, localizadas no Areal Serra da Bolívia e apresentadas no desenho PJ0722-B-G04-GR-DE-101 como Jazida de Areia 2, totalizam cerca de 115.000 m³.

Da mesma forma, cerca de 800 metros a montante do eixo, ocorre, numa faixa longitudinal ao rio, uma fonte identificada como Jazida de Areia 1, com cerca de 60.000 m³ de areia quartzosa pouco micácea, bem graduada.

4.3.4.3. Rochas

A rocha proveniente das escavações obrigatórias é constituída do granitóide são ou pouco alterado, material adequado à utilização como agregado de concreto e materiais de transição.

Para a Barragem no leito do rio foi identificada a Pedreira 04 na margem direita, a cerca de 100, metros do eixo do barramento.

No desenho PJ0722-B-G04-GR-DE-101 estão mostrados os locais identificados como potenciais fontes de rocha para o empreendimento.

4.4. ESTUDOS TECNOLÓGICOS DE CONCRETO

Visando verificar a possibilidade de utilização de materiais que formarão a composição do concreto para a execução do aproveitamento do AHE Itaocara I, foram estudadas diversas jazidas de areia e materiais pétreos adjacentes à obra e às escavações obrigatórias.