



3	MUDANÇA NO ÂNGULO DAS HASTES DE JUSANTE (DE 45° PARA 30°) PARA OS FUROS EM-E-019 E EM-E-022 (TABELA 8); MUDANÇA NA DISTÂNCIA DO EIXO PARA AS ROSETAS DE EXTENSÔMETROS DOS BLOCOS E-3 E E-4 (TABELA 8 E FIGURA 1); EDIÇÕES NO TEXTO DO CAPÍTULO 9, PROGRAMA DE SONDAGENS EM ITAIPU; DENOMINACAO DE FUROS (TABELA 8)	 JPATIAS KFMC	 DIMILSON MILTONGA	11/07/2019
2	INCLUSÃO DE NOVOS FUROS DE SONDAGENS SUGERIDOS PELO BOARD/2018	JPATIAS	DIMILSON MILTONGA	18/01/2019
1	INCLUSÃO DE NOVAS INFORMAÇÕES PARA EXECUÇÃO DO TELEVISAMENTO. INCLUSÃO DA COLUNA "AFASTAMENTO DO EIXO" NA TABELA 8.	JPATIAS	DIMILSON MILTONGA	23/07/2018
Nº	DESCRIÇÃO	REVISOR(ES)	APROVAÇÃO	DATA

REVISÕES



<p>EMISSÃO INICIAL</p> <p>ÁREA RESPONSÁVEL</p> <p><b>ENCC.DT</b></p> <p>DIVISÃO DE ENGENHARIA CIVIL E ARQUITETURA DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E ARQUITETURA SUPERINTENDÊNCIA DE ENGENHARIA</p>		<p>SEGURANÇA DE BARRAGENS</p> <p>TRECHOS "E" E "F"</p> <p>INVESTIGAÇÃO</p> <p>EXECUÇÃO DE SONDAGENS ROTATIVAS, POÇO E PERFILAGEM ÓPTICA NA FUNDAÇÃO DOS BLOCOS DE CONTRAFORTES (TRECHO E) E DA BARRAGEM PRINCIPAL (TRECHO F)</p>		
<p>DIRETORIA TÉCNICA</p> <p>AUTORIA</p> <p>JPATIAS</p> <p>VERIFICAÇÃO</p> <p>DIMILSON; KFMC; SFRAZAO</p> <p>APROVAÇÃO</p> <p>CPNEVES; MILTONGA</p>		<p>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</p>		
<p>DATA</p> <p>17/04/2018</p>	<p>FORMATO</p> <p>A4</p>	<p>CÓDIGO DE ITAIPU</p> <p>2070-20-15201-P</p>	<p>PÁGINA</p> <p>1</p>	<p>REVISÃO</p> <p>R3</p>

## SUMÁRIO

1	OBJETIVOS DA ESPECIFICAÇÃO .....	3
2	INTRODUÇÃO .....	3
3	OBJETIVOS ESPECÍFICOS DA INVESTIGAÇÃO .....	3
4	EQUIPAMENTOS E FERRAMENTAS .....	4
5	AMOSTRAGEM .....	5
6	ENSAIO DE PERDA D'ÁGUA SOB PRESSÃO .....	6
6.1	EQUIPAMENTOS E FERRAMENTAS .....	6
6.2	ENSAIO DE PERDA DE CARGA .....	7
6.3	PRESSÕES E CONDIÇÕES DOS TRECHOS DO ENSAIO DE PERDA D'ÁGUA .....	7
6.4	PROCEDIMENTO DE ENSAIO DE PERDA D'ÁGUA SOB PRESSÃO .....	8
7	PERFILAGEM ÓPTICA (TELEVISAMENTO) .....	8
7.1	PROCEDIMENTO E REQUISITO PARA A PERFILAGEM ÓPTICA .....	9
8	APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DAS INVESTIGAÇÕES .....	9
9	PROGRAMA DE SONDAGENS EM ITAIPU .....	12
10	REQUISITOS PARA A PRESTAÇÃO DE SERVIÇO .....	13
10.1	COMPOSIÇÃO DOS PREÇOS DOS SERVIÇOS .....	13
11	DESCRIÇÃO DAS ETAPAS PARA EXECUÇÃO DA INVESTIGAÇÃO .....	15
12	OBRIGAÇÕES .....	16
12.1	DA CONTRATANTE .....	16
12.2	DA CONTRATADA .....	16
13	FORMATAÇÃO DE DOCUMENTOS .....	16
14	CRONOGRAMA E PREVISÃO DE RECURSOS .....	16
15	SEDE DOS TRABALHOS .....	16
16	BIBLIOGRAFIA .....	16

## 1 OBJETIVOS DA ESPECIFICAÇÃO

Esta especificação técnica tem por objetivo estabelecer os requisitos mínimos que devem ser cumpridos pela CONTRATADA, para prestação de serviços de investigação em rocha, por meio de sondagens rotativas, ensaios de perda d'água sob pressão e perfilagem óptica (televisamento de furos), a serem executados na fundação dos blocos de contrafortes do Trecho E e dos blocos iniciais da Barragem Principal (Trecho F). Além disso, este documento apresenta os requisitos para a execução de uma sondagem de grande diâmetro (poço) no bloco E-6.

## 2 INTRODUÇÃO

A sondagem rotativa consiste em um método de investigação geotécnica aplicado em rochas. Para a execução desta investigação utiliza-se um conjunto motomecanizado projetado para extração de amostras de material rochoso em profundidade em formato cilíndrico e de maneira contínua. O corte dos testemunhos de rocha é feito por meio da ação perfurante dada por forças de penetração e rotação que o equipamento realiza.

Os testemunhos são descritos conforme tipo litológico, inclinação e preenchimento ou não das fraturas, e classificados com respeito aos graus de alteração, consistência e fraturamento.

Amostras dos perfis de testemunhos poderão ser coletadas para realização de ensaios de laboratório, para fins de determinação de parâmetros geomecânicos e de caracterização.

Nos furos remanescentes das sondagens rotativas realizam-se ensaios de perda d'água sob pressão, com o objetivo de determinar a condutividade hidráulica dos maciços rochosos. Este ensaio é realizado em trechos previamente determinados, em geral a cada três metros de furo, possibilitando medir a vazão de água infiltrada nas fissuras do maciço, em diferentes estágios de pressão.

Além de ensaios *in loco* nos furos remanescentes, prever-se-á perfilagem óptica (televisamento) dos furos e futuramente a instalação de instrumentos, como piezômetros, extensômetro e inclinômetros.

Os critérios de execução das sondagens e ensaios e as classificações dos testemunhos correntemente utilizados são da ABGE (Associação Brasileira de Geologia de Engenharia) e da ISRM (*International Society for Rock Mechanics*).

## 3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS DA INVESTIGAÇÃO

As investigações com sondagens rotativas e sondagem de grande diâmetro (poço) deverão atingir os seguintes objetivos:

- Identificar e amostrar ao longo da profundidade do maciço os diferentes derrames basálticos, bem como, as diferentes litologias existentes (brechas, basalto vesicular-amigdaloidal e basalto denso ou compacto);
- Identificar e amostrar o concreto que compõe as chavetas localizadas aproximadamente na elevação 112,00;
- Caracterizar e classificar o maciço rochoso;
- Obter amostras de rocha e concreto das chavetas para realização de ensaios de laboratório;
- Ensaiar o maciço ao longo dos furos remanescentes das sondagens rotativas, em termos de condutividade hidráulica e fraturamento, por meio do ensaio de perda d'água sob pressão;
- Realizar perfilagem óptica (televisamento) das paredes dos furos remanescentes para identificação da sua estrutura ao longo da profundidade;

- Posteriormente ao trabalho especificado neste documento, será instalada instrumentação nos furos remanescentes.

#### 4 EQUIPAMENTOS E FERRAMENTAS

A CONTRATADA deverá fornecer os equipamentos, acessórios e ferramentas para a execução de todos os serviços, atendendo às recomendações vigentes para os tipos de sondagem e ensaio.

Os principais equipamentos para execução dos serviços aqui definidos são:

- Tripé;
- Sonda rotativa de avanço hidráulico ou mecânico;
- Bomba d'água;
- Hastes;
- Barriletes;
- Coroas;
- Calibradores;
- Tubos de revestimento;
- Mangueiras;
- Reservatório para água de circulação;
- Demais acessórios e ferramentas necessárias para execução de sondagens rotativas e ensaios de perda d'água sob pressão;
- Equipamento para perfilagem ótica.

Os equipamentos utilizados deverão seguir as normas de padronização de dimensões e nomenclaturas de equipamentos de sondagens para permitir a permutabilidade de peças provenientes de diversos fabricantes.

A coroa e o calibrador deverão ser adiamantados, para o tipo de rocha basáltica que possui dureza média a alta.

Para o trabalho aqui proposto, as sondagens deverão ter diâmetro HX, ou seja, a perfuração terá 99,2mm e o testemunho 76,2mm de diâmetro.

O barrilete recomendado é o "Duplo Livre", com sistema de rolamentos, permitindo que o tubo externo gire com a coluna de perfuração e o tubo interno permaneça estacionário ou com pouco giro. Desta maneira, o testemunho ficará protegido do atrito com a parede do barrilete e do fluido de circulação, obtendo-se uma recuperação melhor do testemunho. Os barriletes devem ser adequados aos locais de investigação e às necessidades das amostragens.

A sondagem de grande diâmetro (poço) deverá ser executada com equipamento não destrutivo, permitindo a retirada de testemunhos representativos das camadas de rocha, principalmente daquelas mais fragmentadas, onde as sondagens rotativas nem sempre conseguem obter testemunhos representativos. Portanto, a execução do poço deverá permitir a retirada de testemunhos sem perturbação mecânica e representativos, para fins de realização de ensaios de laboratório nas amostras.

O poço deverá ter diâmetro de 30 cm, no mínimo, atingindo a cota 100,00. Desta maneira, a sondagem de grande diâmetro deverá ter no mínimo 40 m de profundidade.

As sondagens deverão ser executadas conforme segue:

- Em terreno seco e limpo, no qual se permita uma boa drenagem das águas de circulação e de chuva;

- A sonda deverá estar firmemente ancorada para minimizar as vibrações causadas pelo sistema em funcionamento;
- As sondagens poderão ser verticais, horizontais ou inclinadas, de acordo com o objetivo dos estudos (ver Tabela 8). Poderão ser executadas a partir da superfície a céu aberto ou em galerias e túneis;
- O tripé deve estar posicionado de forma correta, ou seja, com os apoios distribuídos de maneira a garantir a sua estabilidade durante a operação. Os pés do tripé deverão estar apoiados em superfícies planas ou reentrâncias que não permitam deslizamento, devendo permitir fácil manobra do equipamento para fins de retirada do testemunho;
- O ponto investigado deve ter uma identificação visível, o furo deve ser tamponado para que se evite a introdução de objetos estranhos, uma vez que outros trabalhos serão realizados nos furos, como o ensaio de perda d'água sob pressão e instalação de instrumentos;
- Cada furo deverá dispor de uma planilha específica, para registro de todas as informações de identificação, localização, características do equipamento, observações e etapas importantes de cada sondagem, com destaque para: número do furo, diâmetro, tipo de coroa utilizada, profundidade de manobra, número de peças do testemunho, condição da água de circulação, nível d'água no furo, data de início e fim da sondagem, nome do sondador, ocorrência de chuva ou qualquer anomalia durante os trabalhos de perfuração;
- Outras informações importantes são: registro das características do equipamento de sondagem e da coluna de perfuração utilizada, o tempo de realização das manobras, as condições das coroas adiamantadas, velocidade de rotação, velocidade de avanço, vazão da água de circulação e produção por hora de perfuração;
- O controle de perfuração dos furos (comprimento) deve ser com precisão de 1 cm, entre a diferença de comprimento total das hastes com a peça de perfuração e a sobra delas em relação ao ponto de referência (piquete) localizado na boca do furo;
- Os trabalhos de perfuração serão fiscalizados por ITAIPU.

## 5 AMOSTRAGEM

A amostragem deverá ser contínua e total, tanto nos materiais consistentes como nos fragmentados, para que o maciço possa receber uma classificação adequada, com a descrição de suas condições o mais próximo do real. O testemunho não deverá apresentar quebras mecânicas ou serem "roletados" pela ação do equipamento de sondagem, ou seja, não tenham marcas que indiquem que o testemunho sofreu rotação e deslocamentos durante a operação de perfuração, resultando em amostras de menor diâmetro ou com muitas quebras mecânicas.

A porcentagem de recuperação do testemunho de sondagem rotativa não deverá ser inferior a 95% para cada manobra, exceto quando autorizada pela fiscalização de ITAIPU. A porcentagem de recuperação refere-se à relação entre o comprimento total do testemunho e comprimento do trecho perfurado, multiplicado por 100. Para ter a medida correta da recuperação as partes do testemunho devem ser justapostas de maneira a simular a situação natural.

Deve-se tomar muito cuidado na retirada do testemunho do barrilete e na acomodação na caixa onde será armazenado, deve-se atentar para o posicionamento correto das partes do testemunho dentro da caixa, que deverá ser de acordo com as posições originais dentro do maciço rochoso.

As sondagens serão identificadas conforme mostrado na Figura 1 e na Tabela 8.

Quando forem executados furos num mesmo ponto de investigação, em caso de repetição da sondagem, os furos deverão ser identificados pelo mesmo número, porém acrescidos das letras A, B, C, etc.

As caixas para armazenamento dos testemunhos devem ter capacidade para guardar 4 metros de testemunho e serem adequadas ao diâmetro requerido, a separação das manobras deve ser feita por meio de peças (tacos) de madeira ou plástico rígido, com a profundidade de cada manobra identificada com letra legível. Na última manobra ao final do testemunho o taco deverá ter a palavra "FIM".

As caixas deverão ser de plástico resistente e rígido, com as seguintes dimensões máximas:

- Comprimento: 110 cm
- Largura: 40 cm
- Altura: 10 cm

A tampa da caixa deve conter as seguintes informações legíveis:

- Identificação do furo (ex.: R-02);
- Nome da obra e cliente;
- Local;
- Número da caixa e número total de caixas do furo (ex.: 1/10, 2/10...).

Na parte frontal da caixa (menor dimensão) deverá estar escrito o número do furo e o número da caixa (ex.: R-02 (1)).

Caso o testemunho não coincida com o espaço da caixa, este deverá ser quebrado com auxílio de um martelo. Deverá ser indicado no próprio testemunho que a fratura não é natural ao maciço rochoso.

As caixas devem ser armazenadas em lugar protegido do sol e umidade, com ventilação, até o final dos trabalhos de sondagem. O local de armazenamento definitivo será informado pela Fiscalização, a CONTRATADA deverá transportar os testemunhos para este local, que se encontra na área de Itaipu.

Os testemunhos retirados do poço também deverão ser cuidadosamente cortados para que seja possível a realização de ensaios em laboratório.

## 6 ENSAIO DE PERDA D'ÁGUA SOB PRESSÃO

Os ensaios de absorção d'água executados em furos de sondagens rotativas, com água sob pressão, são denominados ensaios de perda d'água.

### 6.1 EQUIPAMENTOS E FERRAMENTAS

Os principais equipamentos para execução dos serviços aqui definidos são:

- Bomba de água com capacidade mínima de 60 litros por minuto a uma pressão de 10kg/cm<sup>2</sup>;
- Hidrômetro com divisões de escala em litros (deve ser suficientemente sensível para detectar vazões mínimas de 3 l/min.);
- Manômetros. Devem apresentar desvio de leitura INFERIOR a 10% do valor real;
- Estabilizador de pressão cuja atuação impeça que o campo de variação das oscilações de pressão seja superior a 10% do valor a ser lido;
- Obturadores de borracha: podem ser do tipo pneumático (infláveis) ou mecânico (cruzeta). Para o primeiro tipo, o comprimento mínimo deverá ser de 60 cm, para o segundo deverá ser de pelo menos 30 cm;
- Canalizações, mangueiras, luvas e cotovelos: com diâmetro mínimo de 25,4 mm (1"). O diâmetro da tubulação deverá ser único e uniforme para todos os equipamento, durante toda a companhia;

- Os equipamentos devem ser dispostos conforme: bomba, estabilizador de pressão, derivação com registro para controle de pressão, hidrômetro, tubulação com manômetro e obturador;
- A água para o ensaio não deverá apresentar partículas sólidas visíveis a olho nu em suspensão.

## 6.2 ENSAIO DE PERDA DE CARGA

Este ensaio deverá ser realizado previamente ao ensaio de perda d'água sob pressão, pois consiste numa simulação deste último ensaio. O objetivo principal do ensaio de perda de carga é determinar a perda de pressão que ocorre devido ao atrito da água com as paredes das tubulações.

O ensaio deverá ser realizado em superfície plana com o equipamento montado segundo a ordem indicada no item 7.1, sendo que os pontos de entrada e de saída devem ser nivelados para que a carga de posição não interfira nos resultados do ensaio.

O comprimento total da tubulação (L) deverá ser em torno de 20% superior a profundidade máxima prevista para as sondagens da presente campanha de investigação.

Deverão ser feitas medidas de pressão e vazão em ciclos de cinco estágios. Cada estágio deverá ter aproximadamente 10 minutos de duração, utilizando-se a mesma tubulação e conexões que serão usadas nos ensaios de perda d'água sob pressão, preferencialmente com diâmetro igual ou maior que  $\frac{3}{4}$ ".

Os resultados obtidos devem ser usados na construção de um ábaco relacionando vazão, comprimento da tubulação e perda de carga. Este ábaco será utilizado na correção da pressão efetivamente aplicada no trecho do furo ensaiado, para os cálculos dos ensaios de perda d'água.

## 6.3 PRESSÕES E CONDIÇÕES DOS TRECHOS DO ENSAIO DE PERDA D'ÁGUA

Os ensaios de perda d'água sob pressão deverão ser realizados nos furos das sondagens rotativas, a medida que a investigação avançar. O trecho de ensaio será de 3,0m, limitado inferiormente pelo fundo do furo e no topo pelo obturador.

A execução de ensaios de perda d'água intermediários poderá ser solicitada pela Fiscalização, ou seja, em trechos com comprimento menores que 3,0 m, tanto na porção final da sondagem, quanto em trechos intermediários.

Serão cinco estágios de pressão aplicados ao trecho ensaiado, denominadas de: pressão mínima, intermediária, máxima, intermediária e mínima. Os seguintes critérios de aplicação das pressões em cada estágio deverão ser obedecidos:

- Pressão mínima: 0,10 kgf/cm<sup>2</sup> (um metro de coluna de água acima da boca do furo);
- Pressão intermediária: metade da pressão máxima;
- Pressão máxima: 0,25 kgf/cm<sup>2</sup> por metro de profundidade (na vertical), da boca do furo até a metade do trecho ensaiado.

No caso de se ter uma rocha muito alterada (friável) ou fraturada deverá ser aplicada pressão máxima de 0,15 kgf/cm<sup>2</sup>/m.

Caso a Fiscalização necessite realizar o ensaio com maior número de estágios este trabalho deverá ser considerado pela CONTRATADA, especialmente quando se tratarem de rochas mais brandas ou fraturadas, para fins de minimizar efeitos de carregamentos indesejados no maciço rochoso.

## 6.4 PROCEDIMENTO DE ENSAIO DE PERDA D'ÁGUA SOB PRESSÃO

Para a execução dos ensaios de perda d'água nos furos de sondagens, os seguintes itens deverão ser observados:

- a) Efetuar lavagem do furo até que a água de circulação saia limpa;
- b) Após a lavagem, deverá ser instalado o obturador, sendo que a extremidade inferior da porção vedante deverá estar na porção superior do trecho a ser ensaiado;
- c) O uso de obturador duplo não deverá ser prática corrente em substituição ao obturador simples. Os obturadores duplos deverão ser usados apenas em situações que forem necessários ensaios complementares em posições acima do fundo do furo;
- d) Ao aplicar-se a pressão mínima (primeiro estágio) deverá ser verificada a eficiência da vedação, por meio da medida de nível d'água do furo acima do obturador. Se o obturador estiver bem vedado, o nível d'água se manterá constante, em geral, se tiver vazamento ocorrerá elevação;
- e) Nos casos em que se tem trechos muito fraturados, poderá ocorrer problemas na vedação. Nestes casos deverão ser utilizados obturadores de maior comprimento, respeitando o comprimento do trecho ensaiado. Se persistir a falta de vedação, o obturador deverá ser deslocado para cima até uma nova posição onde a vedação for eficiente;
- f) Após a verificação da vedação do furo, pode-se iniciar o ensaio. As pressões mínimas, do primeiro (1º) e quinto (5º) estágios, deverão ser aplicadas pela manutenção da coluna de água na tubulação do obturador (como também é feito para os ensaios de infiltração). As demais pressões (segundo, terceiro e quarto estágios) serão aplicadas por meio da bomba d'água;
- g) As pressões mínimas deverão ser lidas por manômetros com escala adequada (mais sensíveis), os quais deverão ser aprovados pela fiscalização;
- h) Após a estabilização dos valores de pressão e vazão deverão ser realizadas 10 leituras de valores com intervalo de tempo de 1 minuto, para cada estágio;
- i) Os critérios de estabilização das pressões e vazões são:
  - que não ocorra variação progressiva dos valores lidos;
  - que a diferença entre leituras isoladas e valor médio não deve superar 20%.
- j) Nos ciclos decrescentes de pressão (4º e 5º ciclos), caso ocorra retorno da água injetada, deverá se abrir a tubulação e os seguintes valores deverão ser adotados:
  - volume total da água retornada até o alívio da pressão total;
  - pressão que estava aplicada no trecho.
- k) O ensaio deverá ser retomado após a medida de volume de água retornado, a partir do estágio subsequente àquele que deu origem ao retorno d'água;
- l) Caso os valores de pressão não possam ser atingidos mesmo com a vazão máxima da bomba, em qualquer um dos estágios, devem ser feitas leituras de pressão e vazão atingidas, a cada minuto, por 10 minutos;
- m) Todo e qualquer fenômeno que ocorrer durante o ensaio deverá ser registrado no boletim de campo.

## 7 PERFILAGEM ÓPTICA (TELEVISAMENTO)

A perfilagem óptica ou televisamento de furos de sondagem consiste em uma forma de investigação direta, por meio da obtenção de imagem contínua das paredes dos furos. As imagens deverão ser coloridas e em 360°. Esta técnica possibilita a identificação das estruturas internas dos furos, permitindo análise das condições in situ, especialmente em casos de preenchimento de fraturas, conformação de vazios, etc.

A identificação do perfil óptico deverá ter o mesmo código do furo da sondagem que está sendo televisionado.

O equipamento para realização do televisamento deve ser capaz de fornecer imagens em alta resolução sem distorções, com identificação das profundidades, direção e inclinação dos furos.

A perfilagem óptica deverá ser realizada nos furos remanescentes das sondagens rotativas e do poço.

## 7.1 PROCEDIMENTO E REQUISITO PARA A PERFILAGEM ÓPTICA

- a) Para o televisamento dos furos deverão ser seguidas as recomendações do *ISRM Suggested Methods for Rock Characterization, Testing and Monitoring* (2007-2014) – *ISRM Suggested Method for Rock Fractures Observations Using a Borehole Digital Optical Televiewer* (páginas 159-168);
- b) O televisamento deverá ser 360° das paredes do furo de sondagem rotativa ao longo de toda a profundidade, tanto acima como abaixo do nível d'água. Os furos terão diâmetro HX (99,2mm);
- c) O furo a ser televisado deverá estar limpo e isento de qualquer obstrução. Para tanto, antes da perfilagem deverá ser feita uma verificação de possíveis obstruções que possam impedir a descida do equipamento;
- d) Verificar se há presença de água no furo, o ideal é que a água não esteja turva, para que a visibilidade seja boa e a imagem tenha qualidade. Assim, recomenda-se uma lavagem prévia do furo para a retirada de materiais em suspensão, poeira das paredes e acúmulo de detritos no fundo. Não usar produtos químicos para lavagem do furo, apenas água com baixa pressão;
- e) O cabo de aço acoplado à câmera deverá ter comprimento suficiente para registrar todo o furo;
- f) Os equipamentos eletrônicos (computador, baterias, etc) deverão estar em uma bancada ou mesa, próximos ao furo que está sendo televisionado;
- g) A perfilagem será considerada concluída após a varredura de todo o furo e a verificação de que as imagens registradas estão com padrão de qualidade satisfatório para interpretação das condições das paredes dos furos, o que deverá ser definido juntamente com a Fiscalização;
- h) As imagens deverão ter alta resolução e serem coloridas, seguindo as diretrizes mínimas dadas pela ISRM citadas acima, a precisão mínima solicitada é de 0,3mm (vertical e horizontal), com resolução superior a 900 pixels. Esta precisão é requerida para fins da determinação do grau de fraturamento e de alteração das paredes, bem como, da espessura e do tipo de preenchimento das descontinuidades (argila, minerais secundários, etc...), das atitudes das feições descontínuas, além da rugosidade e presença de umidade ou fluxo de água nas mesmas.

## 8 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DAS INVESTIGAÇÕES

Deverá ser entregue um relatório de investigação contendo os boletins de sondagens onde as seguintes informações devem constar:

- Nome da obra e cliente;
- Identificação e localização do furo (Bloco);
- Inclinação e rumo do furo;
- Diâmetro da sondagem e tipo de barrilete e coroas utilizadas;
- Cota e coordenadas (valores levantados em campo);
- Data de início e final da sondagem;
- Nome da firma e do sondador;
- Posição do nível d'água;
- Recuperação do testemunho em porcentagem;
- Número de peças do testemunho;
- RQD (Rock Quality Designation) – Índice de qualidade da rocha em porcentagem. Com base neste índice é possível classificar o maciço em termos de qualidade, conforme Tabela 1;
- Classificação dos graus de alteração, consistência e fraturamento, conforme Tabelas 2, 3 e 4, respectivamente;
- Descrição das características das litologias encontradas, tais como: tipo de rocha, granulometria dos cristais, cor, alteração geral, fraturamento, presença de minerais secundários e qualquer outra informação de interesse (ex.: "Basalto denso, granulação fina a média, cinza escuro, pouco alterado,

pouco fraturado, fraturas abertas, sub-horizontais, com sinais de oxidação e presença de minerais escuros na matriz rochosa.”);

- Descrição das características das fraturas, contatos, descontinuidades, conforme Tabelas 5 e 6;
- Resultados do ensaio de perda d'água e classificação de cada trecho ensaiado conforme Tabela 7;
- As sondagem atravessarão o concreto que constitui as chavetas. Nestes casos, o material concreto deverá ser descrito no boletim de sondagem na sequência encontrada em campo.

Tabela 1. Qualidade do maciço com base em valores de RQD (Barton et al, 1974).

Grau	RQD	Qualidade do maciço
Q1	90 – 100	Excelente
Q2	75 – 89	Boa
Q3	50 – 74	Regular
Q4	25 – 49	Ruim
Q5	0 – 24	Muito ruim

Tabela 2. Classes do grau de alteração (A), adotadas por Itaipu.

Grau	Denominações	Características da rocha
A1	Rocha sã	-
A2	Rocha pouco alterada	Apresenta oxidação das juntas.
A3	Rocha medianamente alterada	Apresenta matriz pouco alterada.
A4	Rocha muito alterada	Apresenta matriz profundamente alterada.
A5	Rocha totalmente alterada	Solo com vestígios da estrutura original (rocha matriz).

Tabela 3. Classes do grau de consistência (C), adotadas por Itaipu.

Grau	Denominações	Características da rocha
C1	Rocha muito consistente	Apresenta som metálico. Quebra com dificuldade ao golpe do martelo.
C2	Rocha consistente	Não apresenta som metálico. Quebra com facilidade ao golpe do martelo.
C3	Rocha medianamente consistente	As bordas dos blocos quebram com dificuldade com a pressão dos dedos.
C4	Rocha pouco consistente	Desmancha-se com golpe do martelo.
C5	Rocha sem consistência	Desmancha-se com a pressão dos dedos.

Tabela 4. Classes do grau de fraturamento (F), adotadas por Itaipu.

Grau	Denominações	Fraturas/metro
F1	Rocha pouco fraturada	<1
F2	Rocha fraturada	1 a 5
F3	Rocha muito fraturada	6 a 10
F4	Rocha extremamente fraturada	11 a 20
F5	Rocha fragmentada	>20

Tabela 5. Inclinação das descontinuidades (I)

Inclinação com a horizontal (°)	Símbolo	Fraturas/metro
0-30	—	Horizontal ou sub
31-60	/	1 a 5
60-90	□	6 a 10

Tabela 6. Características dos contatos e das descontinuidades (J)

Classe	Sigla	Descrição
1	I-R	Contato rocha-rocha, superfície irregular ou rugosa.
2	L	Contato rocha-rocha, superfície lisa.
3	E	Contato rocha-rocha, com estrias.
4	F	Contato rocha-rocha, sem justaposição.
5	J-Ar	Descontinuidade com preenchimento argiloso.

Tabela 7. Condutividade hidráulica (ensaios de perda d'água sob pressão) - P

Classe	Perda Específica (l/min.m.kg/cm²)
1	<0,01
2	0,01 a 0,1
3	0,1 a 1,0
4	1,0 a 10
5	>10

Os resultados das investigações deverão ser apresentados em forma de relatório, sendo que em anexo devem se encontrar a planta de localização dos pontos investigados (*as built*), os boletins de sondagem e as planilhas dos ensaios de perda d'água sob pressão, que deverão ser individuais para cada furo, em formato A4 alongado, para o caso dos boletins.

O relatório deve conter informações sobre os equipamentos utilizados, descrição detalhada dos métodos de investigação, precisão das medidas e métodos e memória técnica dos cálculos empregados para atingir os resultados solicitados.

Também devem constar no relatório imagens das caixas de testemunhos para cada sondagem realizada. As caixas deverão ser fotografadas duas a duas, sem distorções e apresentadas em formato A4 com as seguintes informações:

- Nome da obra e cliente;
- Identificação e localização do furo;
- Número das caixas.

Os perfis ópticos (televisamento) deverão ser entregues com as imagens tratadas e processadas em formato impresso (relatório) e digital em alta resolução. Todos os perfis devem apresentar informações de localização (coordenadas e cotas), e estarem em escala onde se podem identificar as estruturas e características das paredes dos furos. As informações específicas relativas aos dados estruturais das paredes do furo deverão constar em perfil interpretativo ao lado da imagem do furo. Nos laudos de perfilagem de cada furo, deverá constar ainda:

- Nome da obra e cliente;
- Identificação e localização do furo (coordenadas, cotas e profundidades) que deverão estar compatíveis com os perfis das sondagens rotativas;
- Diâmetro, inclinação com a vertical e rumo do furo;
- Desvio do furo;
- Data de execução (início e término da perfilagem);
- Leitura do nível d'água no início e término da perfilagem. Se não for identificado nível d'água, deve-se indicar "furo seco";
- Imagens em 2 D das paredes dos furos;
- Imagens em 3D das paredes dos furos (testemunho virtual);
- Indicação das fraturas e suas atitudes;
- Descrição das fraturas (espessura, rugosidade, preenchimento, posicionamento, presença ou não de umidade ou fluxo);

- Descrição visual das paredes, com a identificação de mudanças de litologias e condições de alteração, fraturamento e consistência;
- Legendas utilizadas na caracterização (incluir fonte).
- Nome do profissional que realizou o televisamento e o processamento;
- Nome e função do profissional (de preferência Geólogo) que realizou a interpretação dos dados;
- Informações do andamento da investigação;
- Todas as informações técnicas deverão ser armazenadas em arquivos eletrônicos, compatíveis com softwares disponíveis no mercado, e disponibilizadas a ITAIPU na forma que permita sua reprodução e impressão.

A CONTRATADA deverá fornecer o software para visualização dos testemunhos virtuais, bem como, o respectivo guia de usuário.

O relatório final deverá ser entregue impresso e assinado em três (3) vias e também em formato digital, contendo todos os perfis dos furos descritos e interpretados, além de planilha de atitudes de descontinuidades, diagramas e estereogramas.

O relatório será avaliado por ITAIPU, após aprovação, a CONTRATADA deverá apresentar este documento na CHI.

## 9 PROGRAMA DE SONDAGENS EM ITAIPU

As sondagens deverão ser realizadas ao longo de todo o Trecho E e parte do Trecho F, principalmente na região de jusante dos blocos, conforme mostra a planta da Figura 1. Para cada bloco serão realizadas sondagem verticais (90° com a horizontal) e inclinadas a montante e a jusante (com ângulos de 30° e 45° com a vertical). Além destas sondagens, no bloco E-6, serão realizadas sondagens inclinadas para a direita hidráulica, com ângulo de 60° com a vertical e uma sondagem de grande diâmetro (poço), com 30 cm de diâmetro (ver detalhes na Tabela 8).

As sondagens deverão atingir o Basalto Denso (compacto) do Derrame C, passando, portanto, pelos litotipos dos Derrames E e D. Assim, foi previsto que os furos sejam finalizados entre as elevações 100,00 ou 90,00, conforme mostra a Tabela 8. No entanto, caso se observe que algum furo não tenha atingido o Basalto Denso do Derrame C, deve-se dar continuidade aos trabalhos de investigação até que este material seja atingido, com penetração de pelo menos 2,00 metros.

Mudanças nas inclinações ou posicionamento dos furos também poderão ocorrer caso se verifique algum obstáculo que deva ser transposto por algum destes métodos, tais mudanças deverão ter anuência da fiscalização e da ENCC.DT, por meio de disposições de campo.

A Tabela 8 descreve as características de locação dos furos, em termos de inclinação, cota de início, cota final e comprimento. Para o Trecho E estão previstos 1.675,50 m de investigação, enquanto, que para o Trecho F, prevê-se 116,00 m, totalizando 1.791,50m, para sondagens rotativas. O poço, localizado no Bloco E-6, terá uma profundidade de 40 m, aproximadamente.

Os furos remanescentes deverão permanecer abertos para a realização de perfilagem óptica, no entanto, devem ser tamponados com tampa apropriada de material plástico para proteção. A perfilagem óptica deverá ser realizada em todos os furos de sondagens rotativas e do poço.

Os furos não deverão apresentar desvios ao longo da profundidade, pois receberão instrumentação posteriormente. Caso se observe que algum desvio ocorreu, a perfuração deverá ser paralisada e a Fiscalização fará a avaliação se o desvio foi significativo. Em caso afirmativo um novo furo deverá ser realizado, com local e características a serem indicados pela Fiscalização.

Ao final dos trabalhos de televisamento os furos deverão permanecer sem preenchimento e tamponados, para posterior instalação de instrumentação.

Itaipu fará a locação topográfica dos furos. Portanto, ITAIPU fornecerá esta informação para que a CONTRATADA a insira nos boletins de sondagens que deverão ser emitidos no relatório de investigação pela CONTRATADA.

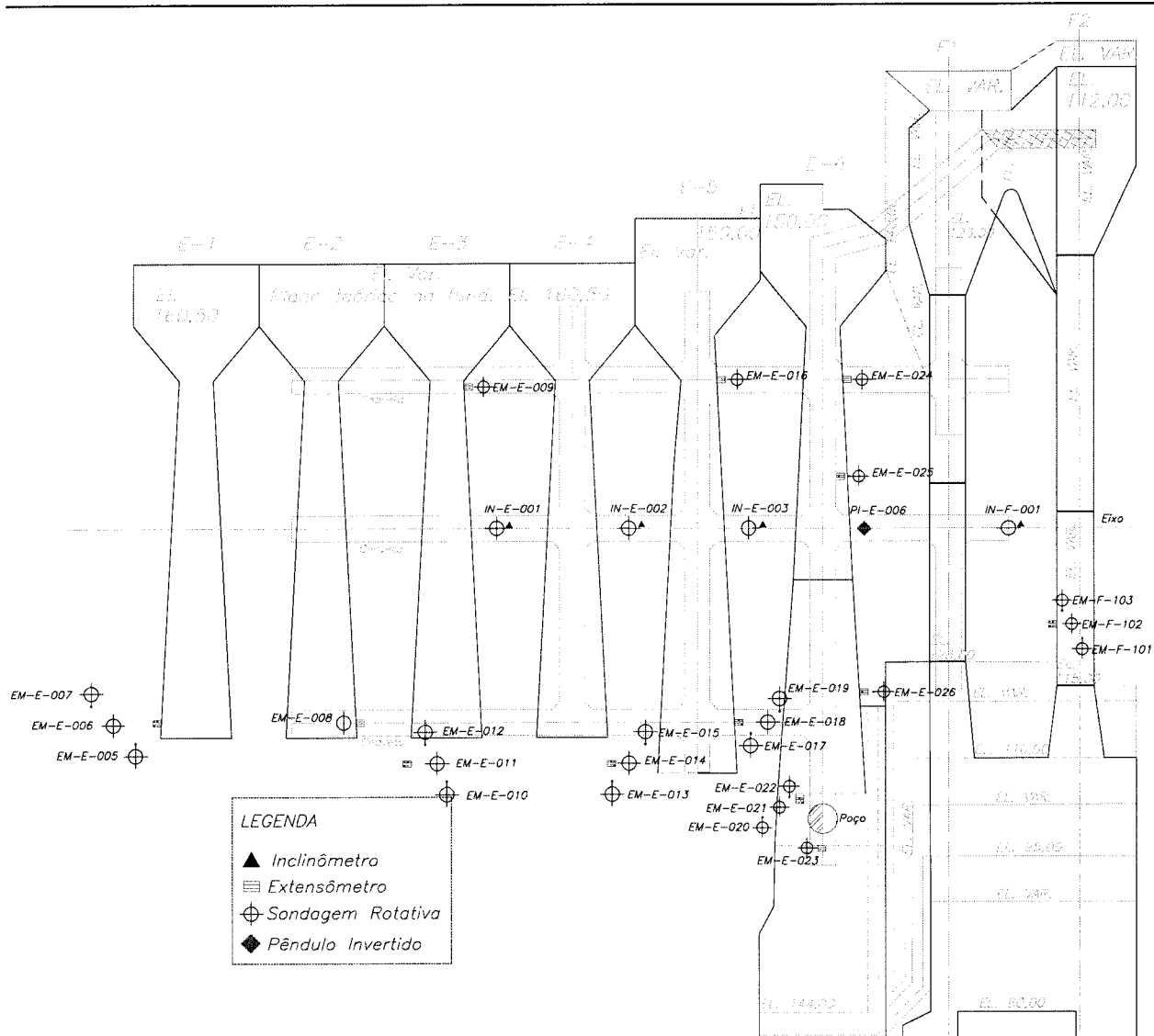
## 10 REQUISITOS PARA A PRESTAÇÃO DE SERVIÇO

- Deverá ser investigado o maciço rochoso que serve de fundação dos Trechos E e F (inicial), por meio de sondagens rotativas, sondagem de grande diâmetro, ensaios de perda d'água sob pressão e perfilagem óptica (televisamento) dos furos;
- As investigações se darão a jusante e a montante do eixo da Barragem, algumas estão locadas também no eixo;
- Os furos deverão atingir as litologias dos Derrames E, D e C, atingindo o basalto denso (compacto) do Derrame C, o que preliminarmente sabe-se se encontra entre as elevações 100,00 e 90,00;
- Todas as investigações deverão ter recuperação dos testemunhos, a qual não deverá ser inferior a 95% para cada manobra;
- A empresa deverá apresentar na proposta técnico-comercial, documentos que comprovem a experiência em investigação com sondagens rotativas, poços, ensaio de perda d'água sob pressão e televisamento de furos.

### 10.1 COMPOSIÇÃO DOS PREÇOS DOS SERVIÇOS

A proposta técnico-comercial deverá apresentar os valores descritos da seguinte forma:

- Mobilização e desmobilização;
- Preço por metro de sondagem vertical;
- Preço por metro de sondagem inclinada;
- Preço por ensaio de perda d'água;
- Preço da perfilagem óptica.



**Figura 1.** Locais a serem investigados nos Trechos E e F.

Tabela 8. Profundidades e cotas dos furos.

Sondagem	Bloco	Inclinação com a vertical	Cota de início	Cota final	Comprimento (m)	Afastamento do eixo (m)	Tipo (diâmetro)
EM-E-005	E-1	45° montante	160,50	100,00	86,0	26,53 (J)	HX
EM-E-006		0° (Vertical)	160,50	100,00	60,5	26,25 (J)	HX
EM-E-007		45° jusante	160,50	100,00	86,0	25,97 (J)	HX
EM-E-008	E-2	0° (Vertical)	160,50	100,00	60,5	26,25 (J)	HX
EM-E-009	E-3	0° (Vertical)	160,50	100,00	60,5	19,09 (M)	HX
EM-E-010		45° montante	160,50	100,00	86,0	32,08 (J)	HX
EM-E-011		0° (Vertical)	160,50	100,00	60,5	31,80 (J)	HX
EM-E-012	E-4	45° jusante	160,50	100,00	86,0	31,52 (J)	HX
EM-E-013		45° montante	160,50	100,00	86,0	32,08 (J)	HX
EM-E-014		0° (Vertical)	160,50	100,00	60,5	31,80 (J)	HX
EM-E-015	E-5	45° jusante	160,50	100,00	86,0	31,52 (J)	HX
EM-E-016		0° (Vertical)	150,00	100,00	50,0	20,00 (M)	HX
EM-E-017		45° montante	150,00	100,00	71,0	26,53 (J)	HX
EM-E-018	E-6	0° (Vertical)	150,00	100,00	50,0	26,25 (J)	HX
EM-E-019		30° jusante	150,00	100,00	58,0	25,97 (J)	HX
EM-E-020		45° montante	144,00	90,00	76,0	36,45 (J)	HX
EM-E-021	E-6	0° (Vertical)	144,00	90,00	54,0	36,79 (J)	HX
EM-E-022		30° jusante	144,00	90,00	63,0	37,13 (J)	HX
EM-E-023		0° (Vertical)	144,00	90,00	54,0	43,18 (J)	HX
EM-E-024	E-6	0° (Vertical)	140,00	90,00	50,0	20,00 (M)	HX
EM-E-025		60° direita	140,00	100,00	80,0	7,00 (M)	HX
EM-E-026		60° direita	140,00	100,00	80,0	25,15 (J)	HX
EM-F-101	F-1/F-2	45° montante	124,00	100,00	34,0	13,34 (J)	HX
EM-F-102		0° (Vertical)	124,00	100,00	24,0	13,00 (J)	HX
EM-F-103		45° jusante	124,00	100,00	34,0	12,66 (J)	HX
IN-E-001	E-3 – E-4	0° (Vertical)	160,50	100,00	60,5	EIXO	HX
IN-E-002	E-4 – E-5	0° (Vertical)	160,50	100,00	60,5	EIXO	HX
IN-E-003	E-5 – E-6	0° (Vertical)	150,00	100,00	50,0	EIXO	HX
IN-F-001	F-1/F-2	0° (Vertical)	124,00	100,00	24,0	EIXO	HX
PI-E-006	E-6	0° (Vertical)	140,00	100,00	40,0	EIXO	30 cm

EM e IN: sondagem rotativa com diâmetro padrão HX (perfuração terá 99,2mm e o testemunho 76,2mm de diâmetro).

PI: Sondagem de grande diâmetro – 30cm (poço).

## 11 DESCRIÇÃO DAS ETAPAS PARA EXECUÇÃO DA INVESTIGAÇÃO

Para o desenvolvimento das atividades descritas nesta especificação técnica, as seguintes etapas de trabalho devem ser previstas:

**Etapas 1:** Reunião em ITAIPU para definição do plano de trabalho, inspeção de campo nos locais a serem investigados e seleção de documentos técnicos sobre as estruturas a serem investigadas;

**Etapas 2:** Mobilização dos equipamentos para campo;

**Etapas 3:** Execução das sondagens rotativas, sondagem de grande diâmetro (poço) e ensaios de perda d'água sob pressão;

**Etapas 4:** Execução da perfilagem óptica;

**Etapa 5:** Elaboração de relatório final com as investigações e análises realizadas pela CONTRATADA (atividade a ser desenvolvida no escritório da CONTRATADA);

**Etapa 6:** Apresentação pela CONTRATADA do relatório final (em ITAIPU).

## 12 OBRIGAÇÕES

### 12.1 DA CONTRATANTE

- Encaminhar à CONTRATADA os documentos e informações necessários para o bom desempenho das investigações;
- Acompanhar todas as atividades de campo realizadas pela CONTRATADA;
- Fiscalizar e manter o controle quantitativo e qualitativo dos serviços prestados pela CONTRATADA;
- Formalizar qualquer solicitação de serviço, descrevendo o número do contrato e o item que será elaborado conforme previsto no cronograma;
- Aplicar as penalidades regulamentares e contratuais;
- Fazer cumprir disposições regulamentares dos serviços.

### 12.2 DA CONTRATADA

- Receber documentação da CONTRATANTE para elaboração dos serviços, formalizando através de e-mail, descrevendo o número do contrato e o item que será elaborado conforme previsto no cronograma;
- Executar os serviços com grau de detalhamento solicitado considerando todas as condições descritas sobre as estruturas e suas fundações, objetos de investigação;
- Entregar todos os documentos físicos e digitais descritos nesta especificação, incluindo o relatório final com os resultados de investigação e análises técnicas;
- Apresentar o relatório final nas dependências da CHI;
- Repassar para a CONTRATANTE todas as alterações e complementações necessárias;
- Cumprir disposições regulamentares e normas técnicas concernentes à execução dos serviços.

## 13 FORMATAÇÃO DE DOCUMENTOS

Todos os documentos devem ser elaborados de acordo com a Especificação Técnica Complementar N° 2710-20-15200-P.

## 14 CRONOGRAMA E PREVISÃO DE RECURSOS

A CONTRATADA deverá apresentar o cronograma físico-financeiro das atividades aqui relacionadas.

## 15 SEDE DOS TRABALHOS

Os trabalhos serão realizados na Usina Hidrelétrica de Itaipu e na sede da CONTRATADA.

## 16 BIBLIOGRAFIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL. Manual de sondagens. Boletim N° 3, 5ª Edição, São Paulo, SP, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL. **Diretrizes para classificação de sondagens**. 1ª Ed., São Paulo, SP, 2013.

International Society for Rock Mechanics. The ISRM suggested methods for rock characterization, testing and monitoring: 1974-2006. New York, 2006.

International Society for Rock Mechanics. The ISRM suggested methods for rock characterization, testing and monitoring: 2007-2014. New York, 2014.

U. S. department of the interior - Bureau of reclamation. Engineering Geology – Field Manual. 2ª Ed., Vol. II, Washington, 2001.