

BARRAGEM RIACHO DO MEIO

MÓDULO II – ESTUDOS BÁSICOS, ANTEPROJETOS E AVALIAÇÕES

VOLUME I – ESTUDOS BÁSICOS

TOMO 1 – RELATÓRIO GERAL - TEXTOS

EDITADO EM MARÇO DE 2006

ÍNDICE

ÍNDICE

APRESENTAÇÃO	5
1 – INTRODUÇÃO	9
2 – LOCALIZAÇÃO E ACESSOS.....	11
3 – ESTUDOS CARTOGRÁFICOS.....	14
4 – ESTUDOS TOPOGRÁFICOS	16
4.1 – LEVANTAMENTO DO EIXO BARRÁVEL E DO SANGRADOURO	16
4.1.1 – Locação dos eixos e Implantação de Marcos	16
4.1.2 – Nivelamento	16
4.1.3 – Levantamento de Seções Transversais.....	17
4.2 – LEVANTAMENTO DO CANAL DE RESTITUIÇÃO	17
4.3 – COORDENADAS E COTAS.....	17
5 – ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS.....	19
5.1 – INVESTIGAÇÕES GEOLÓGICAS	19
5.1.1 – Geologia Regional	19
5.1.2 – Geologia Local.....	21
5.2 – INVESTIGAÇÕES GEOTÉCNICAS	21
5.2.1 – Descrição das Sondagens Executadas	21
5.2.2 – Sondagens a Pá e Picareta	22
5.2.3 – Sondagens a Percussão	22
5.2.4 – Sondagens Mistas	23
5.3 – ENSAIOS IN SITU.....	24
5.3.1 – Ensaios de Permeabilidade com Carga Constante	24

5.3.2 – Ensaio de Perda D'Água Específica.....	24
5.4 – PESQUISA DE JAZIDAS.....	25
5.4.1 – Jazidas de Solo (Empréstimos 1 e 2).....	26
5.4.2 – Jazidas de Areia (Areal 1)	27
5.4.3 – Pedreira	28
5.5 – ENSAIOS DE LABORATÓRIO	28
5.6 – ESTUDO COMPLEMENTAR	29
5.6.1 - Sondagens Mistas	29
5.6.2 - Ensaio In Situ.....	30
6 – ESTUDOS HIDROLÓGICOS	32
6.1 – CARACTERÍSTICA FÍSICA DA BACIA HIDROGRÁFICA.....	32
6.2 – ESTUDO DE CHEIAS	32
6.2.1 – Precipitação	33
6.2.2 – Precipitação Efetiva.....	33
6.3 – CURVAS DE REGULAÇÃO DO RESERVATÓRIO	33
6.4 – DIMENSIONAMENTO DO SANGRADOURO	33
6.5 – SUMÁRIO TÉCNICO DOS ESTUDOS HIDROLÓGICOS	34

APRESENTAÇÃO

APRESENTAÇÃO

O consórcio KL – Serviços de Engenharia S/S Ltda, MABE – Infra-Estrutura e Serviços Ltda e ENERCONSULT S/A, no âmbito do contrato Nº11/PROGERIRH/CE/SRH/2003 do Programa de Gerenciamento e Integração dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará – PROGERIRH tem por finalidade a Elaboração dos Estudos de Viabilidades Técnicas, Ambientais, Econômicas, Eias - Rimas, Projetos Executivos, Levantamentos Cadastrais e Planos de Reassentamentos de Populações, Manuais de Operação e Manutenção e Avaliação Financeira e Econômica referentes às Barragens: Mamoeiro, Riacho do Meio, Melancia, Jucá e Jatobá e Adutoras de Antonina do Norte, Granjeiro, Croatá e Ipueiras.

Os estudos desenvolvidos, em atendimento aos Termos de Referência, são constituídos por atividades multidisciplinares que permitem a elaboração de relatórios específicos organizados em Módulos, Volumes e Tomos. As partes e tomos que compõem o acervo do contrato são apresentados na seqüência:

Módulo I: Estudos de Alternativas de Localização das Barragens e Adutoras

VOLUME I: Estudo de Alternativas e Opções para a Localização dos Eixos Barráveis e Adutoras

Módulo II: Estudos Básicos, Anteprojetos e Avaliações

VOLUME I: Estudos Básicos

TOMO 1 – Relatório Geral - Textos

TOMO 2 – Estudos Hidrológicos

TOMO 3 – Estudos Cartográficos

TOMO 4 – Estudos Geológicos e Geotécnicos

TOMO 5 – Estudos Pedológicos

VOLUME II: Anteprojetos

TOMO 1 – Relatório de Concepção Geral

TOMO 1A – Desenhos e Plantas

TOMO 1B – Memória de Cálculo

VOLUME III: Avaliações Financeiras e Econômicas

TOMO 1 – Relatório de Avaliações Financeira e Econômica

Módulo III: Estudos dos Impactos no Meio Ambiente (EIA/RIMA)

VOLUME I: EIA

VOLUME II: RIMA

Módulo IV: Detalhamento do Projeto Executivo das Barragens

VOLUME I: Detalhamento do Projeto Executivo

TOMO 1 – Memorial Descritivo do Projeto

TOMO 2 – Desenhos do Projeto

TOMO 3 – Memória de Cálculo

TOMO 4 – Especificações Técnicas

TOMO 5 – Quantitativos e Orçamentos

TOMO 6 – Síntese

Módulo V: Levantamento Cadastral e Plano de Reassentamento

VOLUME I: Levantamento Cadastral

TOMO 1 – Relatório Geral

TOMO 2 – Laudos Individuais de Avaliação

TOMO 3 – Levantamentos Topográficos

VOLUME II: Plano de Reassentamento

TOMO 1 – Relatório Final de Reassentamento

Módulo VI: Projeto Executivo das Adutoras

VOLUME I: Estudos Básicos

TOMO 1 – Levantamentos Topográficos

TOMO 2 – Investigações Geotécnicas

VOLUME II: Anteprojeto

VOLUME III: Detalhamento do Projeto Executivo

TOMO 1 – Memorial Descritivo

TOMO 2 – Memória de Cálculo

TOMO 3 – Quantitativos e Orçamentos

TOMO 4 – Especificações Técnicas e Normas de Medições

Módulo VII: Elaboração dos Manuais de Operação e Manutenção

VOLUME I: Manuais de Operação e Manutenção

O presente relatório que trata da **Barragem Riacho do Meio**, aqui nomeado como Volume I – Estudos Básicos, Tomo 1 – Relatório Geral - Textos, é parte integrante do Módulo II – Estudos Básicos, Anteprojetos e Avaliações.

1 – INTRODUÇÃO

O consórcio constituído pelas empresas KL – Serviços de Engenharia S/S Ltda, MABE – Infra-Estrutura e Serviços Ltda e ENERCONSULT S/A vem, através desta, apresentar, em atendimento ao Contrato Nº11/PROGERIRH/SRH/2003, o Anteprojeto da Barragem Riacho do Meio.

Neste volume que corresponde ao TOMO 1 do VOLUME I é apresentado o Relatório Geral dos Estudos Básicos.

Este relatório descreve sucintamente os estudos cartográficos, os levantamentos topográficos, os estudos hidrológicos, os estudos geológicos e geotécnicos.

2 – LOCALIZAÇÃO E ACESSOS

2 – LOCALIZAÇÃO E ACESSOS

O sítio do barramento localiza-se no Riacho do Meio, no município de Granjeiro.

O acesso ao local da obra é feito a partir de Fortaleza pela rodovia federal BR-116, até chegar ao Triângulo de Quixadá, percorrendo 75,0 km. Do Triângulo de Quixadá, pega-se a rodovia estadual CE-359, percorrendo 83,0 km até chegar em Quixadá. Em Quixadá pega-se a rodovia estadual CE-060 até Iguatu, percorrendo 226,1 km e passando pelas cidades de Quixeramobim, Mombaça e Acopiara.

Pela mesma rodovia estadual, a CE-060 sai de Iguatu e chega em Várzea Alegre, percorrendo 60,0 km.

Em Várzea Alegre, pega-se a rodovia federal BR-230 por 10 km em direção a Lavras da Mangabeira, até atingir o entroncamento da estrada estadual, denominada de CE-060, recentemente pavimentada, que leva a cidade de Granjeiro. Para a cidade de Granjeiro, percorre-se 19 km.

Para atingir o eixo selecionado, Eixo IV, tem de estar na CE-060, na entrada para Lagoa dos Órfãos (do entroncamento da BR-230 com a CE-060, a distância a ser percorrida é de 14 km, pela rodovia estadual), e pega-se uma estrada vicinal carroçável a direita. Da Lagoa dos Órfãos até o local da barragem, percorre-se 5,0 km.

Na Figura 2.1 é apresentado o mapa de localização e acesso.

3 – ESTUDOS CARTOGRÁFICOS

Os estudos cartográficos consistiram no levantamento aerofotogramétrico na área do reservatório da Barragem Riacho do Meio, enquadrada geograficamente nas coordenadas 6°47' – 6°57' S e 39°19' – 39°11' WGR.

Os serviços cartográficos realizados foram os seguintes:

- Cobertura aerofotogramétrica de uma área de 102,91 km², na escala de 1:15.000;
- Implantação do apoio básico com 3 marcos de concreto;
- Apoio fotogramétrico de 102,91 km² voado com levantamento de 25 HV's;
- Aerotriangulação de 27 modelos, perfazendo uma área de 102,91 km²;
- Restituição estereofotogramétrica digital de uma área de 3,20 km² na escala de 1:5.000;
- Confecção e edição final de 3 plantas topográficas na escala de 1:5.000, perfazendo um total de 3,20 km² de edição cartográfica.

4 – ESTUDOS TOPOGRÁFICOS

Os estudos topográficos da Barragem Riacho do Meio constituíram na execução dos seguintes serviços, a saber:

- Levantamento do Eixo Barrável e do Sangradouro;
- Levantamento do Canal de Restituição;
- Coordenadas e Cotas.

4.1 – LEVANTAMENTO DO EIXO BARRÁVEL E DO SANGRADOURO

O eixo da barragem Riacho do Meio foi locado em um boqueirão com características topográficas favoráveis, onde o sangradouro foi pré-definido e estudado em outro boqueirão com características topográficas semelhantes situada na ombreira esquerda.

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

4.1.1 – Locação dos eixos e Implantação de Marcos

Utilizando-se GPS manual e a Estação Total descrita anteriormente, locou-se o eixo da barragem e do 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.

4.1.2 – Nivelamento

O levantamento altimétrico da barragem Riacho do Meio e o seu respectivo sangradouro, foi realizado utilizando-se GPS manual GARMIN 12 e Estação Total, onde foram niveladas todas as estacas do eixo materializado. A partir deste levantamento, gerou-se o perfil longitudinal do terreno natural no eixo da barragem e do sangradouro.

4.1.3 – Levantamento de Seções Transversais

Foram levantadas seções transversais ao eixo da barragem e do sangradouro a cada 20 metros abrangendo uma faixa de domínio com largura de 150 metros à montante e à jusante, e se constituíram de pontos cotados a cada 10 metros, considerando também os pontos de destaque do relevo topográfico.

4.2 – LEVANTAMENTO DO CANAL DE RESTITUIÇÃO

Assim como o eixo barrável e o sangradouro, o canal de restituição da barragem Riacho do Meio, foi levantado plani-altimetricamente através do processo de Estação Total, pelo método de coordenadas com identificação dos eixos: Este, Norte, elevação e descrição dos pontos identificados. Os serviços topográficos executados no canal de restituição, foram os seguintes: locação; nivelamento e levantamento de seções transversais.

4.3 – COORDENADAS E COTAS

Em relação às coordenadas utilizadas para o levantamento, estas foram fornecidas pela TOPOCART, empresa responsável pelos serviços cartográficos.

Também foram utilizadas cotas fornecidas pela TOPOCART, empresa responsável pelos serviços cartográficos.

5 – ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS

5 – ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS

As investigações executadas para caracterização geológico-geotécnica da região das obras, foram divididas em duas fases, a saber: estudos geológicos de superfície e investigações geotécnicas de subsuperfície.

Os estudos geológicos de superfície constaram do mapeamento geológico do sítio barrável, área do sangradouro e estudos de reconhecimento superficial dos materiais a serem utilizados na construção da barragem e estruturas adjacentes.

As sondagens de subsuperfície efetuadas ao longo do sítio barrável, área do sangradouro e jazidas de materiais terrosos e arenosos consistiram na Abertura de Poços de Inspeção a Pá e Picareta (SPP), Sondagens a Percussão (SP), Sondagens Mistas (SM) e Sondagens Rotativas (SR) com ensaios “in situ” do tipo Perda d’água Específica e Permeabilidade com carga constante (LE FRANC).

É interessante ressaltar que, quando da execução das investigações geotécnicas, houve extração de amostras deformadas de solo do eixo barrável e das jazidas, de modo a se proceder às análises de laboratório indispensáveis à caracterização dos materiais existentes na região.

Todos os procedimentos utilizados seguiram as normas preconizadas pela ABNT.

5.1 – INVESTIGAÇÕES GEOLÓGICAS

A seguir serão apresentados os resultados do estudo geológico realizado.

5.1.1 – Geologia Regional

A descrição da Geologia Regional é apresentada neste relatório com base em pesquisa bibliográfica de trabalhos de geologia realizados na região, tendo como fonte o Mapa Geológico do Estado do Ceará, em escala 1:500.000, elaborado pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) em convênio com o Governo do Estado do Ceará, em 1983.

A área em estudo é ocupada por rochas cristalinas do Pré-Cambriano Indiferenciado, e está inserida em um estreito pediplano, que consiste de um conjunto profundamente arrasado, cuja forma suavemente é interrompida por forte ruptura de declive com as serras formadas por migmatitos e gnaisses diversos. São encontradas também formações mais recentes, pertencentes ao Cenozóico, agrupando sedimentos inconsolidados de idade Tercio-quadernária (coberturas colúvio-eluviais) e sedimentos

Quaternários que se acumulam nas calhas e margens dos rios (aluviões). As unidades litoestratigráficas mapeadas na região pelo Projeto RadamBrasil – vol. 23 (Folhas SB.24/25 Jaguaribe/Natal), escala 1:500.000, foram descritas da seguinte forma:

Unidade Sem Denominação – PX (incluindo rochas PXtsq e PI(B)): É constituída por uma associação complexa de migmatitos e gnaisses diversos. Os gnaisses apresentam-se com composição oscilando entre granítica e diorito-tonalítica, encerrando jazimentos, subordinados, de metacalcários, quartzitos, rochas calcissilicáticas (tactitos), anfibolitos, metabasitos e metaultrabasitos, além de rochas gabro-dioríticas, coexistindo em contatos gradacionais e, por vezes, arranjos em tramas híbridas onde pode ocorrer fácies granodioríticas, granitóides, migmatitos porfiroblásticos. Sua ocorrência é estreita, fazendo contato com o pé da Serra do Furtado, local de implantação do eixo barrável.

Complexo Lavras da Mangabeira (Plf) e (Plx): Filitos (Plf); micaxistos, preferencialmente de baixo grau de metamorfismo (sericita-clorita, muscovita-biotita, muscovita-biotita-granada), e secundariamente de grau médio (granada-cianita, granada-biotita-silimanita, andaluzita-cordierita-silimanita e biotita-estaurolita-granada (Plx). Sua ocorrência se dá a leste da bacia hidráulica e da localidade de Granjeiro.

Granitóides (PSy): Granitóides a biotita e/ou hornblenda (mais ou menos muscovita) de composição granítica a granodiorítica, com fácies sienítica, de grã média a grosseira, porfiroblásticos ou não, em parte exibindo estrutura xenolítica. Sua coloração oscila entre rósea e vermelha. Sua ocorrência está restrita à Serra do Furtado, localizada a noroeste/oeste da bacia hidráulica.

Coberturas Colúvio-Eluviais (TQc): Na área onde estão expostas as rochas cristalinas, ocorrem tabuleiros constituídos por sedimentos costeiros de natureza colúvio-eluvial. Litologicamente são caracterizados por sedimentos argilo-arenosos ou somente argilosos de cor alaranjada ou avermelhada, de granulação fina e média, inconsolidados, com horizonte lateritizado na base. A falta de estratificação, o caráter arcoseano, a morfoscopia dos grãos de quartzo e a presença de minerais micáceos e feldspáticos caracterizam estes sedimentos como imaturos.

Aluviões (Qha): Compreendem as faixas alongadas, estreitas e sinuosas depositadas nas calhas dos rios, predominantemente orientadas segundo NE e NNE. A espessura das aluviões é de um modo geral pequena, via de regra oscilando entre 1 a 5 metros. Constituem argilas e areias argilosas ou siltes areno-argilosos de granulação fina, nas margens do Riacho do Meio, formando terraços aluvionares, e areias de granulação média a grossa, com concentrações de cascalhos, no leito.

5.1.2 – Geologia Local

A área em estudo está inserida geologicamente na unidade litoestratigráfica da Unidade sem Denominação - PX (incluindo rochas PXtsq e PI(B), e PSy, com predominância de ocorrências de rochas gnaissicas e migmatíticas na ombreira direita, orientadas preferencialmente segundo NE-SW e não são visíveis os afloramentos na ombreira esquerda, e solo de alteração dos granitóides e/ou granodioritos, classificada como sendo uma argila de coloração alaranjada e avermelhada, inconsolidadas, ao longo do eixo da ombreira esquerda.

Os depósitos aluvionares se concentram nas margens e nos leitos dos rios em forma de sedimentos inconsolidados formados por depósitos espessos de areia e cascalho em grandes quantidades e porções silto-arenosas, apresentando tonalidades desde cinza clara a escura. Nesta faixa os sedimentos inconsolidados atingem espessuras que vão de 1,00m a 4,00m de profundidade. Ocorrem terraços marginais inundáveis, numa faixa de aproximadamente 100m de largura, do lado direito, margeando a calha do riacho principal. Na calha do riacho, margem direita, a aproximadamente 50m do eixo, observou-se a ocorrência de granitóide de granulometria média a grosseira, coloração pouco avermelhada sobrepondo rochas do Complexo Lavras da Mangabeira (micaxistos).

A drenagem formada pelos rios de pequeno curso e regime regular é definida no padrão paralelo, condicionado à estruturação das rochas cristalinas. No local do barramento em estudo, o vale entalhado pelo Riacho do Meio é aberto, com suave elevação na ombreira esquerda e com elevação acentuada na ombreira direita, onde as cotas máximas chegam a 335m, em relação ao nível do mar.

Na área reservada para implantação do sangradouro, não foram encontrados afloramentos rochosos. Entretanto, os testemunhos de sondagem mostraram que o maciço rochoso é constituído por rochas pertencentes a unidade (PSy), granitóides e/ou granodioritos, de coloração avermelhada, grã média a grosseira.

5.2 – INVESTIGAÇÕES GEOTÉCNICAS

A seguir serão apresentados os resultados da investigação geotécnica realizada.

5.2.1 – Descrição das Sondagens Executadas

A investigação geotécnica iniciou-se com a execução de quatro tipos de sondagens, a saber:

- SPP: Sondagem a Pá e Picareta;

- SP: Sondagem a Percussão;
- SM: Sondagem Mista (iniciada a percussão e seguida em rotativa).

Todas as sondagens mencionadas acima seguiram as normas da ABNT.

A locação, bem como as cotas topográficas das bocas de furos foram fornecidas a partir dos estudos topográficos de campo.

5.2.2 – Sondagens a Pá e Picareta

Os poços de inspeção localizados no eixo barrável foram realizados nos pontos onde haviam sido projetados furos de percussão e a ocorrência de rocha aflorando não permitiu a execução deste tipo de sondagem.

Todos os poços foram perfurados por meio de escavação manual com dimensões de 1,00m longitudinalmente por 1,00m transversalmente.

No **Quadro N°5.1** são mostrados os dados gerais das sondagens.

QUADRO N°5.1 – SONDAÇÃO A PÁ E PICARETA				
SONDAGEM	LOCALIZAÇÃO ESTACA	PROFUNDIDADE (m)	DIMENSÕES	INCLINAÇÃO
SPP-03	20+00m	0,75	1,0 X 1,0 m	0
SPP-04	22+00m	0,55	1,0 X 1,0 m	0

5.2.3 – Sondagens a Percussão

O objetivo básico destas sondagens foi o de definir a espessura dos depósitos aluvionais sobre o embasamento rochoso e as resistências das camadas através do “SPT”(STANDARD PENETRATION TEST), realizado a cada metro sondado.

O critério de paralisação das sondagens foi o de lavagem por tempo (menos de 5cm de penetração para 10 minutos de lavagem), ou a profundidade de projeto, no caso dos furos de percussão simples. Todas as sondagens foram realizadas com diâmetro de 2 ½” (duas e meia polegadas).

No **Quadro N°5.2** mostra os dados técnicos gerais das sondagens realizadas.

QUADRO Nº5.2 – SONDAGEM A PERCUSSÃO				
SONDAGEM	LOCALIZAÇÃO ESTACA	PROFUNDIDADE(m)	DIMENSÕES	INCLINAÇÃO
SP – 01	5 + 00m	4,16	2x ½ “	Vertical
SP – 02	7 + 00m	5,48	2x ½ “	Vertical
SP – 05	12 + 00m (40m MON)	6,45	2x ½ “	Vertical
SP – 06	12 + 00m (40m JUS)	4,22	2x ½ “	Vertical
SP – 07	14 + 00m (40m MON)	13,81	2x ½ “	Vertical
SP – 08	14 + 00m (40m JUS)	14,49	2x ½ “	Vertical
SP – 09	16 + 00m (40m MON)	18,18	2x ½ “	Vertical
SP – 10	16 + 00m (40m JUS)	18,68	2x ½ “	Vertical
SP – 11	18 + 00m (40m MON)	18,34	2x ½ “	Vertical
SP – 12	18 + 00m (40m JUS)	12,30	2x ½ “	Vertical

5.2.4 – Sondagens Mistas

Sondagem mista é aquela executada por sondagem a percussão em todo os tipos de terreno penetráveis por esse processo, e executadas por meio de sondagem rotativa nos materiais impenetráveis a percussão.

Iniciou-se os furos com sondagem percussiva no diâmetro de 2 ½” (duas e meia polegadas), no qual foi definida a espessura de solos sobre o embasamento rochoso e as resistências das camadas através do “SPT”. Prosseguiu-se com sonda rotativa, na qual usava-se a sonda MACH 920 de avanço manual, acoplada a um calibrador e a um barrilete duplo de mola, tipo NX para recuperação do testemunho, do qual obteve-se informações da alteração, fraturamente e estanqueidade da rocha.

No **Quadro 5.3** mostra os dados técnicos gerais das sondagens realizadas.

QUADRO Nº5.3 – SONDAGEM MISTA					
SONDAGEM	LOCALIZAÇÃO DAS ESTACA	PROFUNDIDADE (m)		DIMENSÕES	INCLINAÇÃO
		SP	SR		
SM – 01	10 + 00m	3,11	12,45	2 1/2” e NX	Vertical
SM – 02	12 + 00m	6,73	13,00	2 1/2” e NX	Vertical
SM – 03	14 + 00m	13,77	14,90	2 1/2” e NX	Vertical
SM – 04	16 + 00m	18,69	15,30	2 1/2” e NX	Vertical
SM – 05	18 + 00m	16,24	17,00	2 1/2” e NX	Vertical
SM – 06	19 + 00m	1,74	15,00	2 1/2” e NX	Vertical

QUADRO Nº5.3 – SONDAGEM MISTA					
SONDAGEM	LOCALIZAÇÃO DAS ESTACA	PROFUNDIDADE (m)		DIMENSÕES	INCLINAÇÃO
		SP	SR		
SM – 07	E – 0S	4,93	10,00	2 1/2" e NX	Vertical
SM – 08	E – 2S	2,21	10,00	2 1/2" e NX	Vertical
SM – 09	E – 5S	1,65	10,00	2 1/2" e NX	Vertical
SM – 10	E – 2S (80m JUS)	3,62	10,06	2 1/2" e NX	Vertical
SM – 11	E – 2S (280m JUS)	4,38	10,00	2 1/2" e NX	Vertical

5.3 – ENSAIOS IN SITU

5.3.1 – Ensaios de Permeabilidade com Carga Constante

Nos ensaios de Permeabilidade “in situ” com carga constante, mantém-se constante a vazão até que as condições de fluxo se estabilizem e a carga (altura da água no furo), se torne constante. Nestas condições, medem-se a vazão e a carga, para aplicação das fórmulas apropriadas.

Este tipo de ensaio pode ser usado para solos que se situem abaixo ou acima do nível estático da água (NA).

Foram executados 14 (quatorze) ensaios.

Os dados gerais destes ensaios encontram-se no **Quadro Nº5.4**.

QUADRO Nº5.4 – ENSAIOS DE PERMEABILIDADE COM CARGA CONSTANTE		
SONDAGEM	Nº DE ENSAIOS	TRECHOS ENSAIADOS
SM - 01	01 (um)	0,50 a 3,00
SM – 02	01 (um)	0,50 a 3,00
SM – 03	05 (cinco)	0,50 a 13,77
SM – 04	06 (seis)	0,50 a 18,00
SM – 06	01 (um)	0,50 a 1,74

5.3.2 – Ensaios de Perda D’Água Específica

Ensaios de perda d’água sob pressão em furos de sondagem têm por objetivo a determinação da permeabilidade e do comportamento dos maciços rochosos frente à percolação da água através de suas fissuras.

Consiste na injeção de água sob pressão em um trecho do furo de sondagem e na medida da quantidade de água que se infiltra no maciço, durante um certo tempo, sob uma dada pressão de injeção. O ensaio é realizado em 5 (cinco) estágios de pressão, sendo os 1º e 5º estágios sob uma pressão mínima; os 2º e 4º estágios sob uma pressão intermediária; e o 3º estágio sob uma pressão máxima, conforme a seguir:

- 1º e 5º estágios – pressão de 0,10kg/cm²;
- 2º e 4º estágios – pressão intermediária = $P_{m\acute{a}x}/2$;
- 3º estágio – pressão máxima = $P_{m\acute{a}x}$.

Os trechos ensaiados, sempre que possível foram de 3,00 m.

O **Quadro Nº5.5** mostra os dados técnicos gerais dos ensaios de perda d'água sob pressão.

QUADRO Nº5.5 – ENSAIOS DE PERDA D'ÁGUA ESPECÍFICA		
SONDAGEM	Nº DE ENSAIOS	TRECHOS ENSAIADOS
SM – 01	04 (quatro)	3,11 À 15,56
SM - 02	04 (quatro)	6,73 À 18,73
SM – 03	05 (cinco)	13,77 À 28,77
SM – 04	05 (cinco)	1 8,69 À 33,99
SM – 05	06 (seis)	16,24 À 33,24
SM – 06	05 (cinco)	1,74 À 13,74

5.4 – PESQUISA DE JAZIDAS

Os trabalhos referentes à pesquisa de materiais a serem utilizados nas obras tiveram seu início a partir de um reconhecimento em campo, de modo a localizar e conferir os empréstimos existentes na área. Deve-se salientar que os estudos básicos existentes nortearam os trabalhos. Neste momento, levou-se em considerações duas variáveis importantes: qualidade e volume dos materiais detectados.

Assim sendo, pode-se identificar e estudar os seguintes empréstimos:

- J1: JAZIDA 1;
- J2: JAZIDA 2;

- A1: AREAL;
- P1: PEDREIRA 1.

5.4.1 – Jazidas de Solo (Empréstimos 1 e 2)

Para que houvesse uma boa abrangência nos estudos dos empréstimos, lançou-se uma malha quadrática com 100,00 m de lado, onde procedeu-se à abertura de poços a pá e picareta para coleta de materiais e posterior realização de ensaios de laboratório.

Dentro de um afastamento econômico adequado do local da obra em estudo, foram identificados e caracterizados os materiais das áreas de empréstimo.

Em cada poço de inspeção foi feita uma descrição dos materiais, identificando suas características e quantificando suas potencialidades e distância média de transporte, conforme já comentado.

- Granulometria (com e sem sedimentação);
- Limites de “Atterberg”;
- Ensaios de Compactação (Proctor Normal);
- Umidade Natural;
- Peso Específico Real;
- Permeabilidade com carga variável;
- Cisalhamento direto lento.

A seguir resume-se as características das áreas potencialmente exploráveis:

DADOS GERAIS DA JAZIDA J-1.

Área total estudada.....	170.000,00m ²
Número de furos realizados.....	28 und.
Profundidade média dos furos.....	1,91 m
Volume total de material.....	324,700,00m ³
Camada média de expurgo.....	0,10 m

Espessura média útil.....	1,81 m
Volume de material utilizável	307,700,00m ³
Distância do eixo barrável.....	0,00m (Jazida no Eixo)

DADOS GERAIS DA JAZIDA J-2.

Área total estudada	215.000,00m ²
Número de furos realizados	36 und.
Profundidade média dos furos	1,50 m
Volume total de material	322.500,00m ³
Camada média de expurgo.....	0,10 m
Espessura média útil.....	1,40 m
Volume de material utilizável	301.000,00m ³
Distância do eixo barrável	0,78 km

5.4.2 – Jazidas de Areia (Areal 1)

Da mesma forma com o ocorrido na jazida terrosa, o areal foi identificado e posteriormente estudado, onde se lançou uma malha de sondagens, ao longo do depósito.

Amostras deste material também foram colhidas e encaminhadas ao laboratório para ensaios.

A jazida em questão encontra-se ao longo do leito do rio.

DADOS GERAIS DO AREAL

Distância do areial ao eixo	0,20 km;
Extensão	2.000,00 m
Largura.....	15,00m
Altura a explorar	0,80m
Volume explorável	24.000,00m ³

5.4.3 – Pedreira

A pedreira encontrada localiza-se a jusante do eixo barrável.

CARACTERÍSTICAS GERAIS DA PEDREIRA

Extensão	150,00m
Largura.....	100,00m
Altura a explorar.....	3,00 m
Volume explorável	45.000,00m ³
Distância para o eixo.....	6,10 km
Classificação	Rocha Granítica

5.5 – ENSAIOS DE LABORATÓRIO

Todos os ensaios de laboratório seguiram o preconizado pelas normas técnicas da ABNT.

De modo a facilitar a visualização, elaborou-se quadro resumos referente a cada ensaio, os quais são apresentados a seguir.

- Jazida de Solos:

Foram coletadas 30 (trinta) amostras para que fossem submetidas a ensaios normais de caracterização, constando de determinação dos Limites de Atterberg (LL e LP), Granulometria por peneiramento e com sedimentação, peso específico, Compactação Proctor Normal, Permeabilidade com carga variável e Cisalhamento Direto Lento.

Os ensaios de Granulometria com Sedimentação, peso específico, Permeabilidade com Carga Variável e Cisalhamento Direto Lento não foram executados para todas as amostras coletadas.

- Jazida de Areia:

Foram 08 (oito) as amostras coletadas na jazida de areia A.1 e submetidas a Análise Granulométrica por Peneiramento e Permeabilidade com Carga Constante.

- Pedreira

Nas pedreiras P.1 foram realizados 03 (três) ensaios tipo “Los Angeles”.

5.6 – ESTUDO COMPLEMENTAR

O estudo complementar tem intuito de analisar mais detalhadamente a geologia das regiões da barragem e do sangradouro através de sondagens mistas e ensaios de permeabilidade e de perda d’água “in situ”.

5.6.1 - Sondagens Mistas

O quadro abaixo mostra os dados técnicos gerais das sondagens realizadas.

QUADRO - SONDAGEM MISTA

SONDAGEM	LOCALIZAÇÃO DAS ESTACAS	PROFUNDIDADE (m)		DIMENSÕES	INCLINAÇÃO
		SP	SR		
SM – 101	E-2S 120m MONT	2,85	10,00	2 1/2” e NX	Vertical
SM – 102	E-2S 60m MONT	4,25	10,00	2 1/2” e NX	Vertical
SM – 103	E-3S + 10 120m JUS	3,75	10,00	2 1/2” e NX	Vertical
SM – 104	E-3S + 10 240m JUS	8,23	10,00	2 1/2” e NX	Vertical
SM – 105	E-5S 280m JUS	3,74	10,00	2 1/2” e NX	Vertical
SM – 106	13 + 0,00	8,77	10,00	2 1/2” e NX	Vertical
SM – 107	15 + 0,00	20,48	1,00	2 1/2” e NX	Vertical
SM – 108	17 + 0,00	19,15	10,00	2 1/2” e NX	Vertical
SM - 201	VERTEDOURO	3,09	13,00	2 1/2” e NX	Vertical
SM – 202	VERTEDOURO	5,59	10,00	2 1/2” e NX	Vertical
SM – 203	VERTEDOURO	5,19	10,00	2 1/2” e NX	Vertical
SM – 204	VERTEDOURO	3,98	10,50	2 1/2” e NX	Vertical
SM – 205	VERTEDOURO	7,97	10,00	2 1/2” e NX	Vertical
SM – 206	20 + 0,00 60m JUS	5,05	4,68	2 1/2” e NX	Vertical
SM - 301*	4 + 0,00	6,10	7,30	2 1/2” e NX	Vertical
SM – 301A*	4 + 2,00	-	7,50	2 1/2” e NX	Vertical
SM – 302	21 + 0,00	1,91	10,00	2 1/2” e NX	Vertical

Na realização da sondagem sm-301 foi detectado uma falha de 0,72cm na rocha a 13,40m de profundidade, não podendo a mesma ser continuada, pois a falha ocasionou uma perda d'água total. O furo foi deslocado 2,00m (sm-301a), prosseguido por lavagem e depois por rotativa. Com 13,60m de profundidade ocorreu novamente uma perda d'água total, sendo mais uma vez impossível prosseguir com a investigação.

5.6.2 - Ensaio In Situ

– Ensaio de Permeabilidade com Carga Constante

Foram executados no estudo complementar 17 (dezessete) ensaios.

Os dados gerais destes ensaios encontram-se no quadro abaixo.

QUADRO - ENSAIOS DE PERMEABILIDADE COM CARGA CONSTANTE

SONDAGEM	Nº DE ENSAIOS	TRECHOS ENSAIADOS
SM – 106	03	0,50 – 8,77
SM – 107	07	0,50 – 20,48
SM – 108	07	0,50 – 19,15

– - Ensaio de Perda d'Água Específica

O quadro abaixo mostra os dados técnicos gerais dos ensaios de perda d'água sob pressão realizados no estudo complementar.

QUADRO - ENSAIOS DE PERDA D'ÁGUA ESPECÍFICA

SONDAGEM	Nº DE ENSAIOS	TRECHOS ENSAIADOS
SM – 106	04	8,77 – 18,77
SM – 108	04	19,15 – 29,15

6 – ESTUDOS HIDROLÓGICOS

Os estudos hidrológicos consistiram na caracterização física da bacia hidrográfica, no estudo de cheias, nas curvas de regularização do reservatório e no dimensionamento do sangradouro.

6.1 – CARACTERÍSTICA FÍSICA DA BACIA HIDROGRÁFICA

A bacia hidrográfica da Barragem Riacho do Meio possui as seguintes características físicas:

- Bacia Hidrográfica..... 91,21km²;
- Perímetro da Bacia Hidrográfica..... 41,91km;
- Declividade Média da Bacia Hidrográfica..... 16,67m/km;
- Comprimento do Rio Principal..... 18,00km;
- Fator de Capacidade..... 1,24;
- Fator de Forma..... 0,28;
- Tempo de Concentração..... 2,98hs;

6.2 – ESTUDO DE CHEIAS

A determinação da cheia de projeto para dimensionamento do sangradouro pode ser realizada com base em dados históricos de vazão (métodos diretos) e com base na precipitação (métodos indiretos), estando em ambos os casos associados a um risco previamente escolhido. Diante da escassez de registros históricos de vazões, é mais usual a determinação do hidrograma de projeto com base na precipitação.

O estudo da cheia de projeto é de fundamental importância para a segurança e economia da barragem, podendo o hidrograma de projeto estar baseado em:

- PMP (precipitação máxima provável) para projetos de importantes obras hidráulicas;
- Cheia padrão para obras hidráulicas de risco intermediário;
- Precipitações associadas a um risco ou probabilidade de ocorrência.

Em barragens pequenas, onde grandes riscos não estão envolvidos, pode-se utilizar o hidrograma de projeto baseado no último caso. Foram calculadas aqui as cheias de projeto de 1000 e 10000 anos. O intervalo de computação dos hidrogramas de cheia foi 5 minutos.

6.2.1 – Precipitação

Para cálculo do escoamento superficial para a bacia da barragem Riacho do Meio foi assumido uma precipitação uniformemente distribuída sobre a referida bacia. O HEC-1 permite a entrada de tormentas históricas ou sintéticas, sendo as últimas freqüentemente utilizadas para planejamento e estudos de projetos.

6.2.2 – Precipitação Efetiva

O modelo HEC-1 refere-se a interceptação superficial, armazenamento em depressões e infiltração como perdas de precipitação, ou seja, a parcela da precipitação que não contribui para gerar escoamento é considerada perda, sendo o restante, considerado precipitação efetiva.

6.3 – CURVAS DE REGULAÇÃO DO RESERVATÓRIO

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

1. Análise incremental do ganho em volume regularizado em relação ao aumento da capacidade para a Barragem Riacho do Meio;
2. Estimativa das perdas por evaporação e sangria da Barragem Riacho do Meio;

O traçado das curvas de regulação inclui: volumes evaporado (E), liberado (M) e sangrado (S) versus capacidade (K) e dM/dK versus K.

6.4 – DIMENSIONAMENTO DO SANGRADOURO

Uma vez realizado o dimensionamento do reservatório com base nos estudos hidrológicos do capítulo anterior, faz-se necessário agora o dimensionamento do sangradouro visando definição de sua largura, seu tipo e a cota de coroamento da barragem associada à alternativa adotada.

No dimensionamento do sangradouro foi adotada a cheia associada ao tempo de retorno de 1.000 anos, realizando-se para esta os estudos de laminação, e será determinada a cota de coroamento da barragem com base na cheia associada a 10.000 anos, para garantir o não galgamento nesta cheia.

6.5 – SUMÁRIO TÉCNICO DOS ESTUDOS HIDROLÓGICOS

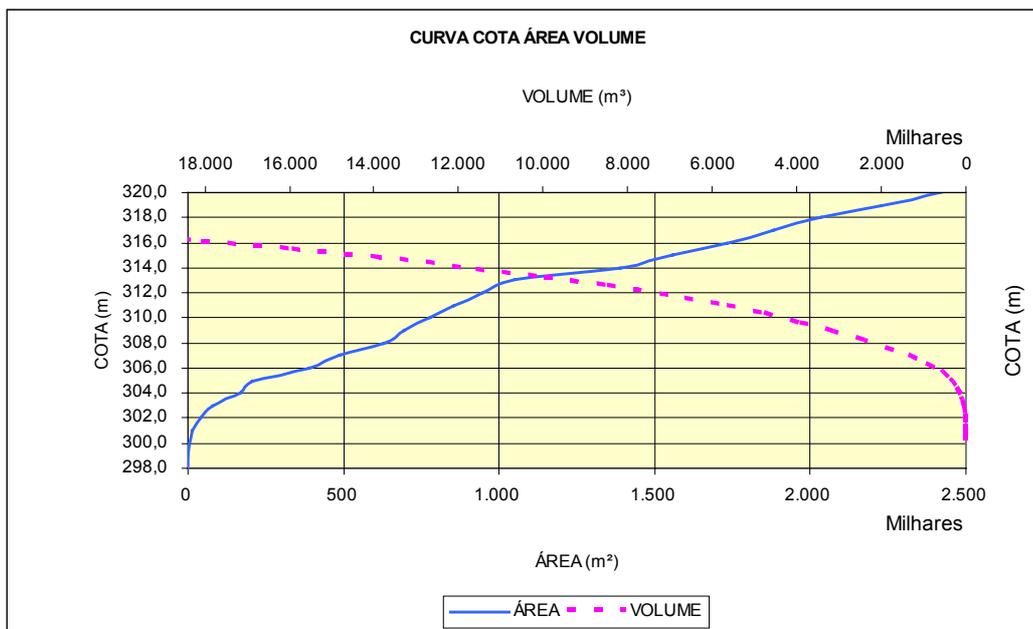
CARACTERIZAÇÃO DA BACIA	
Área da bacia do Açude Riacho do Meio	91,21 km ²
Perímetro da bacia do Açude Riacho do Meio	41,91 km
Declividade Média da bacia do Açude Riacho do Meio	16,67 m/km
Comprimento do rio principal	18,0 km
Fator de compacidade	1,24
Fator de forma	0,28
Tempo de concentração	2,98 hrs

HIDROCLIMATOLOGIA	
Pluviometria Média Anual (sobre a bacia)	1001,4 mm
Evaporação Média Anual	2289,0 mm
Evapotranspiração Potencial (Hargreaves)	1937,4 mm
Insolação Média Anual	2848 h
Umidade Relativa Média Anual	63,6 %
Temperatura Média Anual: Média das Máximas	31,5 °C
Temperatura Média Anual: Média das Médias	25,2 °C
Temperatura Média Anual: Média das Mínimas	20,5 °C
Classificação Climática	DS2A'a'
Classificação climática segundo Köppen	BWx'

ESTUDO DE CHEIAS	
Precipitação Efetiva	SCS
Propagação do Escoamento na Bacia	Hidrograma Unitário do SCS
CN	82
Vazão afluente – Tempo de retorno = 1000 anos	954 m ³ /s
Vazão afluente – Tempo de retorno = 10000 anos	1187 m ³ /s

CAPACIDADE DO RESERVATÓRIO	
Capacidade máxima	18,375 hm ³
Cota da soleira do sangradouro	320 m
Cota de coroamento	323,00 m

COTA – ÁREA – VOLUME



CAPACIDADE DE REGULARIZAÇÃO – EQUAÇÃO DO BALANÇO HÍDRICO			
RG - %	SG - %	EV - %	Qr 90% (m ³ /s)
3,419 – 55,2%	0,691 – 11,1%	2,087 – 33,7%	0,113

EV - Volume Evaporado (hm³/ano)

SG - Volume Sangrado (hm³/ano)

RG- Volume Regularizado (hm³/ano)

Qr 90% - Vazão regularizada com 90% de garantia (m³/s)

DIMENSIONAMENTO DO SANGRADOURO – PERFIL CREAGER: Z _w = 320 m			
COTA (m)	COTA DE PICO (m)	LÂMINA (m)	QOUT (m ³ /s)
Tr = 1.000 anos - Qin = 954 m³/s			
Perfil Creager: L = 100,00 m			
320	322,00	2,00	615,0
Tr = 10.000 anos - Qin = 1187 m³/s			
Perfil Creager: L = 100,00 m			
320	322,30	2,30	771,0