

TOMO I

RELATÓRIO DA EXECUÇÃO DOS SERVIÇOS DE RECUPERAÇÃO DA BARRAGEM JABURU I 2010

CONTRATO: Nº 004/SRH/CE/2010

Dezembro/2010
Fortaleza – Ceará

APRESENTAÇÃO

Este relatório tem por objetivo apresentar os resultados do Projeto Executivo e das Obras para Recuperação da Barragem Jaburu I, localizada nos municípios de Ubajara/Tianguá-CE, constituindo-se de Reforço do Tratamento da Fundação, através da Execução de Cortinas de Injeção a partir da Crista da Barragem.

A execução dos serviços de recuperação é de responsabilidade da Empresa S&V LTDA, conforme o Contrato 04/SRH/CE/2010.

O Projeto e Acompanhamento dos trabalhos é de responsabilidade da COGERH – Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos, de acordo com o Primeiro Aditivo – Sub-rogação do Contrato Nº 04/SRH/CE/2010, firmado entre a Secretaria dos Recursos Hídricos e a COGERH, com a anuência da Empresa S & V Ltda.

Os trabalhos desenvolvidos no referido Contrato foram divididos em 7 (sete) Tomos conforme descritos a seguir:

Tomo I – Execução dos Serviços de Recuperação da Barragem Jaburu I – 2010;

Tomo II – Boletins das Sondagens - Volumes 1 e 2;

Tomo III – Registros Fotográficos;

Tomo IV – Levantamentos Topográficos da Barragem e Topobatimétrico do Reservatório;

Tomo V – Estudos Hidrológicos;

Tomo VI – Mapeamento das Zonas de Inundação pela Ruptura da barragem Jaburu I;

Tomo VII – Anteprojeto da Recuperação do Vertedouro.

Este documento integra o **Tomo I – Execução dos Serviços de Recuperação da Barragem Jaburu I – 2010** e consolida o registro de todos os trabalhos desenvolvidos. É composto dos seguintes capítulos.

Capítulo 1 – Descrição da barragem Jaburu I, obras e intervenções realizadas;

Capítulo 2 – Obras realizadas em 2010 – 5ª Intervenção

Sumário

1 – DESCRIÇÃO DA BARRRAGEM JABURU I, OBRAS E INTERVENÇÕES REALIZADAS	7
.....	7
2 – OBRAS REALIZADAS EM 2010 - 5ª INTERVENÇÃO.....	29
2.1 Aterro hidráulico a montante da barragem Jaburu I.....	29
2.2 Tratamento das Fundações	30
2.3 Drenagem de novas surgências.....	56
2.4 Estabilização dos taludes da tomada d'água	58
2.5 Levantamentos topográficos da barragem e sangradouro e topobatimétrico do reservatório	62
2.6 Estudos Hidrológicos	62
2.7 Mapeamento das Zonas de Inundação pela Ruptura da barragem Jaburu I.....	64
2.8 Anteprojeto da recuperação do sangradouro	64
ANEXOS.....	65

Índice de tabelas

Tabela 1 - quantitativos realizados na 1ª intervenção.....	9
Tabela 2 - quantitativos realizados na 2ª intervenção.....	11
Tabela 3 - vazões registradas nos medidores de vazão - 1993.....	11
Tabela 4 - comparação das vazões dos medidores nos anos de 1993, 1994 e 1997	12
Tabela 5 - piezômetros instalados na 3ª intervenção (fev/2002 a jan/2003).....	16
Tabela 6 - marcos de nivelamento e de referência instalados na 3ª intervenção	16
Tabela 7 - vazões provenientes da ombreira esquerda em 2009.....	28
Tabela 8 - injeção de cimento - 1ª campanha.....	32
Tabela 9 - injeção de asfalto - 1ª campanha (ombreira esquerda).....	37
Tabela 10 - injeção de cimento - 2ª campanha (ombreira esquerda).....	39
Tabela 11 - injeção de asfalto - 2ª campanha (ombreira esquerda).....	41
Tabela 12 - injeção de cimento - 3ª campanha (ombreira esquerda).....	43
Tabela 13 - injeção de cimento - 4ª campanha (ombreira direita)(A).....	47
Tabela 14 - injeção de cimento - 4ª campanha (ombreira direita) (B).....	48
Tabela 15 - injeção de cimento - 5ª campanha - sangradouro	52
Tabela 16 - injeção de cimento - 5ª campanha - sangradouro.....	53

Lista de Figuras

Figura 1 - medidores de vazão nº 01, 02 e 03 (COGERH).....	18
Figura 2 - medidor de vazão nº 04 (COGERH).....	18
Figura 3 - medidor de vazão nº 05 (COGERH).....	19
Figura 4 - medidores de vazão nº 06 e 07 (COGERH).....	19
Figura 5 - medidor de vazão nº 08 (COGERH).....	20
Figura 6: medidor de vazão nº 09 (COGERH).....	20
Figura 7 - vista geral do talude de jusante	24
Figura 8 - detalhe das lâminas de vidro	24
Figura 9 - detalhes dos sumidouros no canal de aproximação	24
Figura 10 - outra vista dos sumidouros	24
Figura 11 - vista do canal de restituição do sangradouro bastante erodido	24
Figura 12 - canal de restituição do sangradouro.....	24
Figura 13 - realização dos serviços em jan/2010.....	25
Figura 14 - vista do canal de aproximação em set/2009	25
Figura 15 - vista da laje concluída abr/2010.....	26
Figura 16 - execução dos serviços em fev/2010	26
Figura 17 - retirada de material silteoso/asfáltico no V-7, revênci na ombreira esquerda	27
Figura 18 - detalhe do material asfáltico proveniente da revênci	27
Figura 19 - vista dos medidores V-7(E) da revênci na omb esquerda e V-6 (D) da fund da barragem. 27	27
Figura 20 - vista da revênci na ombreira esquerda.....	27
Figura 21 - vista da Tomada d'Água, taludes bastante erodidos	27
Figura 22 - vista do canal de restituição do sangradouro bastante erodido	27
Figura 23 - vista do aterro hidráulico executado.....	30
Figura 24 - vazão na revênci no início da injeção na SR-37	36
Figura 25 - precedimentos iniciais para injeção de asfalto	36
Figura 26 - níveis dos medidores V-7 (E) e V-6(D) após as injeções	36
Figura 27 - ainda durante a injeção da SR-37 a vazão na revênci praticamente parou	36
Figura 28 - registro das vazões do medidor V-07 - 2009 a 2010.....	44
Figura 29 - testemunhos das SR-18 e SR-19.....	46
Figura 30 - testemunhos da SR-12	46
Figura 31 - testemunhos da SR-13.....	46
Figura 32 - testemunhos da SR-41.....	46
Figura 33 - canal de restituição em Dez de 2009	49
Figura 34 - canal de restituição em Jan de 2009	49
Figura 35 - vista frontal da erosão não canal de restituição	49
Figura 36 - outra vista do canal de restituição	49
Figura 37 - testemunhos de sondagens do canal do sangradouro	54
Figura 38 - execução de sondagens no canal de restituição	54
Figura 39 - preparação da área para colocação do concreto magro	54
Figura 40 - limpeza da caverna no canal de restituição do sangradouro	54
Figura 41 - colocação do concreto na caverna	54
Figura 42 - colocação do asfalto em outra caverna.....	54
Figura 43 - locais onde foram realizados os tratamentos da fundação.....	55
Figura 44 - locais onde foram construídas as caixas medidoras de vazão.....	56
Figura 45 - vista da caixa medidoras de vazão V-10 e V-11	57
Figura 46 - detalhe da execução da caixa medidoras de vazão V-12.....	57
Figura 47 - escavação da vala da drenagem para os medidores de vazão V-10 e V-11	57
Figura 48 - execução da drenagem do medidor de vazão V-12.....	58

Figura 49 - execução da drenagem da surgência para o medidor de vazão V-05.....	58
Figura 50 - vista dos taludes da tomada d'água antes dos serviços de estabilização das ombreiras	59
Figura 51 - vista localizada do talude esquerdo da tomada d'água antes dos serviços de estabilização	59
Figura 52 - detalhe da execução da estabilização dos taludes.....	60
Figura 53 - outro detalhe da estabilização dos taludes	60
Figura 54 - taludes da tomada d'água após a estabilização dos taludes.....	60
Figura 55 - vista da tomada d'água após conclusão do serviço.....	61
Figura 56 - outra vista da tomada d'água	61

1 – DESCRIÇÃO DA BARRAGEM JABURU I, OBRAS E INTERVENÇÕES REALIZADAS

A barragem Jaburu I, situada nos municípios de Tianguá e Ubajara no extremo noroeste do Estado do Ceará, é responsável pelo abastecimento de várias sedes municipais e localidades situadas na região da Serra da Ibiapaba, atendendo mais de 160.000 habitantes. O reservatório, também, atende vários projetos de irrigação e a vazão regularizada assim como o volume que sangra sempre que a estrutura vertedoura é solicitada é encaminhada para o estado do Piauí que contribui para a área de drenagem da formação do lago da barragem Piracuruca com cerca de 250.000.000,00 m³, distando cerca de 70km da barragem Jaburu I.

A barragem Jaburu I foi construída pelo Estado no período 1981-1983, sendo a empresa HIDROTERRA S.A – Engenharia e Comércio responsável pelo projeto de engenharia, assim como, a supervisão e consultoria na construção da barragem. A Empresa Industrial Técnica S.A - E.I.T foi construtora da referida obra.

A coordenação dos serviços foi de responsabilidade da SOSP – Secretaria de Obras e Serviços Públicos do Estado do Ceará, com a participação do DNOCS – Departamento Nacional de Obras Contra as Secas, órgão proprietário do projeto.

A barragem Jaburu I, barra o rio Jaburu drenando uma área com cerca de 316 km². Segundo o projeto executivo (1981) o barramento possibilitou a criação de um reservatório com 210.000.000,00 m³, e compreende um conjunto de obras, constituídas basicamente, em uma barragem de terra zoneada (com emprego de lateritas na região jusante), com 47,0 m de altura máxima acima do leito, 10 m de largura pelo coroamento, à cota (725,00) e 770,0 m de comprimento.

O maciço da barragem está assente diretamente sobre o estrato rochoso de arenito. Trata-se de uma barragem em aterro zoneado com inclinação a montante de 1:1.5 e 1:2.0, respectivamente acima e abaixo da cota (718,50), tendo na zona do vale principal, uma berma estabilizante com 25 m de largura à cota (704,00). O talude de jusante tem uma inclinação de 1:2.0 e três bermas às cotas (715,00), com 6,75 m de largura, (704,00) e (685,00), ambas com 4,0 m de largura.

A seção tipo tem um núcleo em areia argilosa ladeado por maciços em laterita. Na zona do vale principal o sistema de drenagem interno da barragem é constituído por um filtro subvertical inclinado para montante ligado a um tapete filtrante-drenante colocado no interior do maciço de jusante entre a areia argilosa e a laterita, que conduz as águas para o pé, em enrocamento, na zona central do vale com coroamento à cota (685,00).

O sangradouro implantado na margem direita, separado do corpo da barragem, é constituído por um canal de aproximação escavado em rocha, por uma seção de controle das vazões em rocha, com cerca de 29 m de largura, e por um canal de restituição também escavado em rocha.

A tomada d'água tipo galeria de concreto, composta de tubulação DN-600 mm com 2 registros gaveta instalados em série a jusante, com função de bloqueio (registro de montante) e de descarga / regulagem a jusante. A barragem não tem descarga de fundo.

O primeiro enchimento ocorreu em 1983 e desde esta data, a obra foi objeto de diversos incidentes conforme relatado a seguir:

- Após o 1º enchimento apareceram fissuras no coroamento assim como um abatimento do coroamento, de cerca de 0,5 m, na zona do vale principal. A cota do coroamento, na época, (725.00) – foi reconstituída;

- Cerca de 5 anos após o primeiro enchimento, em 1988, foi identificada uma surgência na ombreira esquerda, cerca de 30 m a jusante do pé da barragem. Na ocasião, segundo (COBA – Plano (COBA – Plano de Observações – Março 2000), as vazões registradas chegaram a 47 l/s formando uma gruta, na altura da cota 700.

- Em outubro de 1989, foi dado início aos serviços através de uma campanha de injeção de impermeabilização da fundação, aqui denominada **1ª Intervenção**. Segundo dados do relatório denominado “Serviços de injeção de cimento e asfalto na Barragem Jaburu em Tianguá, Ceará – março/1990”, tem-se:

“ O resultado desta percolação é a aparecimento de surgência na parte de jusante das ombreiras da barragem. Na ombreira esquerda encontra-se a surgência mais problemática. Esta surgência existe já há algum tempo, sendo que durante este período ela já conseguiu erodir parte da ombreira, através de um processo de erosão regressiva. Para se ter uma ideia da ordem de grandeza desta surgência, sua vazão quando do início dos serviços era da ordem de 20 l/s”.

Os furos de injeção foram realizados a partir do coroamento e a partir do talude de jusante (acerca de 9,0 m do coroamento) com comprimento de cerca de 35 m. O tratamento de impermeabilização por injeção foi realizado em três etapas, a primeira com calda de cimento, a segunda com asfalto e, a terceira, com asfalto e calda de cimento.

Vale salientar que durante a execução dos serviços, conforme quantitativos descritos na tabela abaixo, entre outubro de 1989 e fevereiro de 1990, a vazão cresceu para 22 l/s e que no final da intervenção em 04/02/1990 a vazão decresceu para 2,4 l/s.

No Tabela 1 a seguir têm-se os quantitativos realizados nesta intervenção.

Tabela 1 - quantitativos realizados na 1ª intervenção

Mes	Sondagem BX (m)	Sondagem NX (m)	Injeção de cimento (m)	Injeção de asfalto (quantidade de furo)
Outubro/89	234,00	-	-	-
Novembro/89	265,09	84,01	175,10	03
Dezembro/89	425,20	41,10	296,70	06
Janeiro/90	441,20	101,20	279,20	08
Fevereiro/90	271,00	20,20	111,00	01
TOTAL	1.636,49	246,61	862,00	18

Obs.:Foi injetado 74.700 kg de asfalto e 1.118 kg de cimento

São as seguintes recomendações finais da empresa que executou os serviços da 1ª intervenção.

“Observando-se o gráfico vazão x tempo verifica-se que há uma queda progressiva da vazão feita por patamares. Inicialmente tivemos o patamar dos 20 l/s, posteriormente 17 l/s, a seguir 12 l/s e finalmente 4 l/s, vemos pois que, se prosseguirmos com a sistemática, provavelmente chegaremos ao patamar próximo de zero. Vemos, portanto, que seria importante o prosseguimento dos serviços com o uso da mesma sistemática de injeções simultâneas de cimento e asfalto em furos de uma mesma linha de fluxo. Sugerimos que sejam executados mais furos em linhas paralelas às existentes para consolidação dos trabalhos anteriores da ombreira esquerda. Chamamos atenção ainda para as duas surgências da ombreira direita que se tratadas agora, exigirão um custo menor do que se tratadas posteriormente. Ressalta-se, ainda, que com o passar do tempo à tendência é de que ocorra um aumento de vazão nestas duas surgências com o agravamento do problema erosivo, notadamente na vizinha da tomada d’água”.

Durante esta intervenção foram construídos 05 medidores de vazão em forma de vertedouros retangulares em cada uma das surgências principais.

Em 1992 (segundo COBA dez/1998 – no relatório Identificação e Caracterização Preliminar da situação) foram detectadas mais 4 surgências a jusante da barragem, com uma vazão de cerca de 26 l/s.

Em fevereiro de 1993 foi iniciada uma nova campanha de investigações e tratamento na barragem Jaburu I, a qual denominou-se neste relatório de **2ª Intervenção**. A empresa Tecnogeo Engenharia e Geotécnica Ltda através de contrato firmado com a Secretaria dos Recursos Hídricos foi a executora dos serviços desta intervenção.

A seguir é transcrito a memória justificativa dos trabalhos de recuperação da barragem Jaburu apresentado no Relatório nº 01 – março de 1993, pela Tecnogeo.

“A fim de executar trabalhos de prevenção na fundação da Barragem Jaburu, evitando-se repetição do fenômeno acontecido há cerca de 3 anos, quando uma pequena surgência na ombreira esquerda da barragem se transformou num ponto de descarga apreciável, atingindo a cerca de 60 l/s, é objetivo dos trabalhos ora propostos, a impermeabilização da fundação arenítica, abaixo dos níveis tratados, quando da execução do maciço. Isto porque, observou-se que os planos de estratificação do arenito da fundação da barragem possuem uma cimentação pobre, nem sempre preenchendo todos os vazios e, por vezes, constituído de um complexo, apresentando na sua composição traços de cloreto de sódio, substância dispersiva, aliados a um certo teor de carbonato de cálcio, observado durante o tratamento realizado.

A situação atual da barragem se apresenta com o nível d'água a cerca de 5,00 metros abaixo do nível do sangradouro. Ainda assim, observam-se surgências nos trechos correspondentes aos pontos mais elevados da fundação, situados nas ombreiras do morro central, compreendido entre as estacas 0 a 4 + 17,00, bem como nas estacas 5 + 3,00 a 17 + 0,00, próximas a tomada d'água. No primeiro trecho, observa-se, atualmente, uma caverna pela margem direita do canal escavado para implantação da tomada d'água.

É importante ressaltar que com o corte efetuado, pode constatar-se camadas de siltitos e argilitos, facilmente desagregável quando em estado saturado, situação idêntica à ombreira esquerda, na região anteriormente tratada.

É de importância citar também, o desmoronamento parcial verificado no “rock-fill”, região do canal da tomada d'água. Este aspecto será objeto de estudos durante a fase atual de tratamento, através de um levantamento topográfico e posterior análise da estabilidade da barragem naquela área”.

Pode-se observar do material transcrito, que existe inconsistência a respeito das vazões, como vemos na descrição da 1ª intervenção, as vazões não coincidem, imagina-se que esta vazão de 60 l/s seja uma somatória das vazões.

Entre **fevereiro e outubro de 1993**, período da realização dos serviços da 2ª intervenção, foram perfurados cerca de 3.303 metros de sondagens e injetado 329.973,00 kg de cimento (6.600 sacos), conforme detalhado no Tabela 2 a seguir.

Tabela 2 - quantitativos realizados na 2ª intervenção

Relatório de andamento	Mês	Sondagem BX (m)	Injeção de cimento (kg)
01	Fev / 1993	356,0	29.350
02	Mar / 1993	231,0	45.750
03	Abr / 1993	276,5	42.250
04	Mai / 1993	575,5	79.580
05	Jun / 1993	396,2	92.042,5
06	Jul / 1993	579,2	24.250
07	Ago / 1993	*	*
08	Set / 1993	441,20	279,20
Relatório Final	Out / 1993	271,00	111,00
	TOTAL	3.303	329.973,00

*Não foi localizado o Relatório de andamento nº 07

As medidas das vazões registrada, (dados retirados dos Relatórios Nº 06 e Final de 1993 - TECNOGEO) em cinco medidores de vazões, antes e após desta intervenção, localizados a jusante da barragem, conforme Tabela 3 são:

Tabela 3 - vazões registradas nos medidores de vazão - 1993

Mês	Medidor 01 Vazão L/s	Medidor 02 Vazão L/s	Medidor 03 Vazão L/s	Medidor 04 Vazão L/s	Medidor 05 Vazão L/s	Vazão total l/s
Fev / 1993	5,5	0,9	4,4	12,0	6,2	29,0
Jul / 1993	3,70	0,9	3,41	8,50	5,64	22,14
Set / 1993	3,70	0,9	2,98	7,95	5,64	21,18

É conveniente relatar que durante esta intervenção foi executada a instalação de piezômetros no talude de jusante. No relatório nº 08 (set/93) tem-se um numero de 07 piezômetros e a construção de mais um medidor de vazão na saída da gruta situada a jusante da barragem, na ombreira esquerda, a cerca de 30 metros acima do antigo leito do rio, a fim de controlar melhor aquela descarga.

Em agosto de 1997 foi feita uma visita de inspeção pelo Painel de Inspeção e Segurança de Barragem da SRH, a barragem Jaburu I, acompanhado por técnicos da SRH, COGERH E SOHIDRA tendo sido feito os seguintes comentários e recomendações :

“Infiltrações através das fundações em arenitos ocasionalmente friáveis foram observadas desde o início da operação. A ocorrência mais notável foi a infiltração na ombreira esquerda, a meia altura da barragem, que atingiu cerca de 30 l/s e provocou os tratamentos de injeção em duas campanhas, em 1989/90 e em 1993. As infiltrações vêm sendo acompanhadas desde 1993 e medidas em 5 vertedouros

ao longo do pé da barragem. Segundo informações do responsável pelo monitoramento no campo, as infiltrações estão essencialmente estabilizadas desde 1993. O Painel observou os dados de medição essencialmente constantes dos últimos três meses, durante a visita ao campo. No manual de operação e manutenção da barragem Jaburu, preparado pela SRH, indicam-se os valores medidos entre janeiro e setembro de 1993 e em abril de 1994 nos vertedouros de controle das infiltrações. Aqueles valores são comparados com os estimados pelas medidas efetuadas durante a inspeção do Painel na Tabela 4 abaixo:

Tabela 4 - comparação das vazões dos medidores nos anos de 1993, 1994 e 1997

MEDIDOR	INFILTRAÇÕES (l/s)		
	JAN-SET / 1993	ABRIL DE 1994	AGOSTO DE 1997
V-1	5,5 a 3,5	3,5	4,6
V-2	0,9	0,9	Constante segundo o encarregado
V-3	4,0 a 2,6	2,6	3,4
V-4	7,95	7,95	7,8
V-5	6,5	2,0	4,0

Não há evidência de alterações significativas no período.

As infiltrações pelas fundações da barragem com surgência na rocha de fundação, fora da área da barragem, não preocupam. Entretanto as surgências no talude da barragem, em cota elevada, em torno da elevação 695, ou seja, cerca de 10 m acima da crista do pé do enrocamento de jusante, constituem uma ocorrência anormal e inaceitável em uma barragem de terra com as características e responsabilidades da barragem do Jaburu.

Não cabe nesta ocasião o diagnóstico do fenômeno. É clara a deficiência do tapete drenante (por deficiência do dimensionamento ou por efeito de colmatção) e distingue-se a influência das percolações pela ombreira esquerda no processo de saturação do maciço de terra a jusante do filtro vertical.

O Painel considera urgente a necessidade de estudos complementares para o diagnóstico completo da ocorrência e principalmente para a definição das obras de engenharia necessárias para a colocação da barragem em condições de desempenho normais.

Na região do sangradouro, a jusante da estrutura de controle, recomenda-se manter a observação da evolução do fenômeno para eventual decisão futura quanto a obras de retenção. A montante, o tamponamento de alguns pontos de infiltração já localizados poderá ser incluído nas obras de recuperação da barragem. Não há contudo qualquer preocupação imediata”.

No dia 22 de novembro de 1998 foi realizada, por solicitação da SRH, uma missão de inspeção à barragem Jaburu I por técnico das empresas projetistas Geodinâmica / COBA, gerando um relatório intitulado “ Identificação e Caracterização Preliminar da Situação – Dezembro 1998”. O consórcio Geodinâmica / COBA realizou no período de abril a junho de 1999 uma campanha de investigações geológico-geotécnicas. Basicamente este programa englobou:

- execução de 5 sondagens rotativas, na região do vertedouro e nas ombreiras da barragem, com realização de ensaios de perda d'água;

- execução de 6 sondagens mistas, pela crista da barragem, com ensaios a percussão e retirada de amostras indeformada (Shelby) no maciço da barragem e ensaios de perda d'água na fundação rochosa. Em cada um destes furos foram instalados 2 piezômetros hidráulicos, sendo 1 no interior do aterro da barragem e o outro no maciço rochoso da fundação;
- execução de 9 furos no talude de jusante da barragem, atravessando o maciço da mesma e penetrando na rocha da fundação. Em cada um destes furos foram instalados 3 piezômetros hidráulicos, sendo 2 no corpo da barragem e 1 no maciço da fundação.

Complementando os dados obtidos nas sondagens, foram realizados, pela equipe do consórcio Geodinâmica / COBA, mapeamento de superfície do maciço rochoso aflorante e dos taludes das escavações existentes junto a barragem. Foi também, caracterizado e avaliado as vazões dos pontos de surgências de água de percolação a jusante da barragem, assim como, o levantamento planialtimétrico da região do vertedouro, materialização do estaqueamento na crista da barragem, materialização da projeção ortogonal na berma e locação das sondagens e piezômetros.

A análise dos dados obtidos permitiu a elaboração de um modelo geológico-geotécnico local, com ênfase aos aspectos a erodibilidade e permeabilidade do maciço rochoso e a eficiência do sistema de drenagem interna da barragem.

A elaboração do diagnóstico pelo consórcio, sobre “Estudos Básicos – Resultados dos Estudos Geológicos-Geotécnicos” subsidiou a elaboração do projeto para recuperação das obras.

O Projeto executivo de Recuperação da Barragem Jaburu I – Intervenções de Estabilização e Drenagem, Tomo I – Barragem e Tomo II Sangradouro foi elaborado pela COBA de nov/1999 a mar/2000 e a licitação para execução dos serviços foi realizada em meados de 2001.

De fevereiro de 2002 a janeiro de 2003 foram executados os serviços de recuperação, aqui denominada de **3ª Intervenção**, sob o escopo do Contrato Nº 48/PROGERIH/CE/SRH/2002 de responsabilidade da Construtora Sucesso S/A tendo como supervisora dos trabalhos a COBA e acompanhada por técnicos da SOHIDRA. O conjunto de obras implantadas, durante a recuperação do açude Jaburu I, está descrita a seguir:

1. Reforço do tratamento da fundação da barragem. Constando de Cortina Experimental, Perfuração, Ensaio de Perda d'Água – EPA e Injeções;

Neste período da 3ª intervenção, de Fev/2002 a Jan/2003, foram perfurados 2.399 metros de sondagens e injetado 120.750,00 kg de cimento (2.415 sacos) e 7.857,90 kg de bentonita

2. Estabilização e drenagem da barragem. Compreendendo a **Zona de Intervenção A (Vale Principal)** situada entre as Estacas E.18 e E.24, junto a ombreira esquerda, e à jusante do barramento foi implementado o conjunto de obras, para reforçar a segurança

da barragem. Este conjunto no boqueirão principal é composto de: um aterro de recarga em enrocamento; esporões drenantes (9un) com largura de 2,00 m e profundidade de 4,00 m, espaçados, entre eixos em 11,50 m, forrados com manta geotêxtil, máscara drenante e filtrante contínua (com dimensões média de 6,00 m x 98,0 m e brita dreno com espessura de 0,80 m, forrada com manta geotêxtil); vala de drenagem perimetral, com tubos de concreto poroso de Ø 300 mm, protegidos com areia, complementado com brita, envolto com manta geotêxtil, que conduz as vazões captadas ao longo da interseção do aterro da ombreira com o morro, da surgência S-5 e do conjunto de esporões e máscara drenante e valeta de concreto (de 94,50 m comprimento), que direciona este sistema de drenagem para o medidor de vazão V6. No pé do enrocamento, foi executada a drenagem do aterro de recarga, com tubos de concreto porosos de Ø 300 mm, no interior do dreno, que conduz as vazões para o medidor V5. Foi também executado o rearranjo dos blocos de pedras existentes, preenchendo-se os espaços vazios, com blocos de arenito e material fino. O aterro de recarga, construído com bloco de arenito com granulometria extensa, ficou com cota de coroamento igual a 692,5 e com 14,0 m de largura;

Zona de Intervenção B (Tomada D'Água) - esta zona situa-se entre as estacas E1 e E5, junto da ombreira direita, e à jusante do barramento. Foi executado no pé do aterro após a retirada do material saturado e aplicado com a mesma espessura de 0,50 m, um tapete filtrante de areia, e uma canalização com tubos de concreto poroso de Ø 300 mm, para conduzir as águas da surgência até o medidor de vazão V8, e seguido com um rearranjo do enrocamento exigente, preenchendo os espaços vazios com blocos graduados, constituindo assim o enrocamento do aterro de recarga, dando conformação ao taludamento com inclinação de 2H:1V. A cota deste aterro de recarga, é de 718,00, com largura de 7,0 m. Foi construído no coroamento deste aterro de recarga, uma valeta de concreto em "V", para conduzir as águas superficiais até a vala de drenagem perimetral da margem direita (MD) que deságua no medidor V8, munido de um ensecadeira, para permitir medição individual do dreno da fundação, e da valeta perimetral. Foi executada outra vala de drenagem perimetral na margem esquerda (ME), com tubos de concreto poroso de Ø 300 mm, envolto com areia e complementada a seção com brita protegidas por uma manta envoltória de geotêxtil (metodologia idêntica a da MD), que deságua para o medidor de vazão V7, com o objetivo de evitar que águas surjam de forma descontrolada através do pé do enrocamento, saturando o terreno a jusante, e dificultando o acompanhamento das vazões que percolam na interior do aterro e fundação;

Zona de Intervenção C – Nesta zona foi construída uma vala drenante aproximadamente perpendicular ao eixo da barragem, no alinhamento da estaca E.12, com características

praticamente idênticas às valas perimetrais, diferindo apenas quanto as suas dimensões. Esta vala com 39,00 m de comprimento, termina no medidor de vazão V3, acoplado a uma caixa de dissipação de energia. A partir desta caixa parte uma vala no mesmo sentido e direção até o trecho 2 por 11,60 m, que deságua em uma outra vala com direção paralela ao eixo do barramento, com 116,30 m de desenvolvimento. Este trecho recebe afluentes de vazões captadas de valas secundárias (36,00 m), com direção aproximadamente perpendicular ao eixo da barragem. Toda esta drenagem é materializada por uma vala preenchida por material drenante (brita 10 que envolve tubos de concretos porosos, com Ø 300 mm, e todo o conjunto envolto com manta geotêxtil;

3. Alteamento da crista da barragem, e execução de pavimentação em TSD – Tratamento Superficial Duplo, recomposição do enrocamento à montante, recuperação de canaletas e, construção dos medidores de vazões. Estudos anteriores mostram que para um nível d'água máximo maximorum (TR = 1.000 anos) será de 724,65 m, muito próximo da então cota da crista 725,00. A elevação da cota da crista para 726,10 m, constituiu-se em uma intervenção de segurança de barragem. Os serviços de terraplenagem foi executado com material laterítico, incluindo a base até a cota 726,08 m, recebendo um TSD (Tratamento Superficial Duplo), até a cota 726,10 m e com o caimento de jusante para montante de 1%. Foi executado em ambos os lados da pista de rolamento (crista da barragem) meios-fios e cerca de estacas de concreto com 8 fios de arame farpado. Foram executados dois quebra-molas, por solicitação da fiscalização;
4. Execução de impermeabilização e estabilização do canal do sangradouro – Preenchimento de Cavidades. No canal de aproximação entre as estacas E.0 a E.3, nas formações areníticas mas sensíveis às pequenas infiltrações, que evoluíram para erosões, com cavidades que escoavam, por baixo da soleira, foram feitas intervenções de escavações e obturadas essas cavidades com blocos de arenito, compactados e selados com uma camada de concreto ciclópico. No canal de restituição, foram aplicados concretos magros em pequenos trechos, com o objetivo de regularizar a superfície e diminuir a turbulência no escoamento das águas e consequentemente diminuição das erosões e pequenas infiltrações;
5. Instalação de dispositivos de observação, como instalação de piezômetros e marcas de nivelamento, marca de referencia, para medições de deslocamentos superficiais. Atendendo ao tipo de estrutura, às suas característica e aos cenários tipo de incidentes e acidentes susceptíveis de ocorrer e, em particular a sua conduta antecedente foram instalados, os dispositivos para observar o comportamento da obras. Foram instalados um total de 38 piezômetros conforme Tabela 5 a seguir:

Tabela 5 - piezômetros instalados na 3ª intervenção (fev/2002 a jan/2003)

ESTACA	PIEZÔMETRO			
E3	P.3.1	P.3.1.1	P.3.1.2	
E3	P.3.2	P.3.2.1	P.3.2.2	P.3.2.3
E3	P3.3	P.3.3.1	P3.3.2	
E4	P.4.2	P.4.2.1	P.4.2.2	
E11	P.11.2	P.11.2.1	P.11.2.2	
E12	P.12.1	P.12.1.1	P.12.1.2	P.12.1.3
E12	P.12.2	P.12.2.1	P.12.2.2	
E13	P.13.2.1	P.13.2.2	P.13.2.2	
E22	P.22.1	P.22.1.1	P.22.1.2	P.22.1.3
E22	P.22.2	P.22.2.1	P.22.2.2	P.22.2.3
E22	P.22.3	P.22.3.1	P.22.3.2	P.22.3.3
E27	PE1	PE1.1	PE1.2	PE1.3
E25-E26	PE2	PE2.1	PE2.2	
E25-E26	PE3	PE3.1	PE3.2	
E24+E25	PE6	PE6.1	PE6.2	
E24-E25	PE7	PE7.1	PE7.2	

Marcos de Nivelamento e de Referência foram colocados ao nível do coroamento, a jusante, permitindo o controle desses deslocamentos nas zonas mais altas do aterro, refletindo muito em particular o comportamento do núcleo e ao longo das banquetas do talude de jusante, mostrando o comportamento do aterro de laterita do talude de jusante na zona do vale principal e também do aterro de argila no restante da obra. Na Tabela 6 a seguir apresenta-se a identificação e localização das marcas superficiais instaladas.

Tabela 6 - marcos de nivelamento e de referência instalados na 3ª intervenção

MARCO	ESTACA	LOCALIZAÇÃO	COTA
M17	E3	coroamento – jusante	726,1
M22	E12	coroamento – jusante	726,1
M27	E22	coroamento – jusante	726,1
M29	E26	coroamento – jusante	726,1
M31	E2	Banqueta de jusante	718
M32	E3	Banqueta de jusante	718
M33	E4	Banqueta de jusante	718
M37	E22	Banqueta de jusante	715
M39	E26	Banqueta de jusante	715
M42	E22	Banqueta de jusante	704,4
M44	E20	Banqueta de jusante	685
M45	E22	Banqueta de jusante	685

As vazões das surgências estão sendo medidas, através dos medidores de vazão, recuperados (V1, V3) e aos implantados (V4, V5, V6, V7, V8, V9 e V10). Na **Zona de Intervenção A**, foram implantados os medidores V5, que recebe vazão da fundação do aterro de recarga, V6 que recebe vazões dos esporões, da máscara drenante e do V9, que por sua vez recebe vazão da surgência S5. Na **Zona de Intervenção B**, foram implantados o V7, que recebe vazões da vala perimetral da margem direita (MD); o V1, recebe vazões dos medidores de V7 e V8 e da surgência S1. Na **Zona de Intervenção C**, o medidor de vazão V3 (que foi reconstruído), recebe vazões da surgência S3, e deságua na caixa de dissipação. O V4 (implantado), recebe vazão do medidor V3, e das valas drenantes do trecho 2 e das valas secundárias. O medidor de vazão V10 capta vazão da surgência S10. A seguir é mostrado o registro fotográfico dos medidores de vazão. Contudo, logo após esta intervenção, a ordem da numeração dos medidores de vazão foi alterada pela COGERH, conforme mostrado neste mesmo registro fotográfico.



Figura 1 - medidores de vazão nº 01, 02 e 03 (COGERH)



Figura 2 - medidor de vazão nº 04 (COGERH)



Figura 3 - medidor de vazão nº 05 (COGERH)



Figura 4 - medidores de vazão nº 06 e 07 (COGERH)



Figura 5 - medidor de vazão nº 08 (COGERH)



Figura 6: medidor de vazão nº 09 (COGERH)

No Relatório dos Serviços de Supervisão e Acompanhamento da Execução das Obras de Recuperação da Barragem Jaburu I – Relatório Final - “Como Construído” Volume I – Textos (COBA - janeiro de 2004), referente a presente intervenção, foi apresentada a seguinte ficha técnica do Açude Jaburu I.

- | | |
|-----------------------------|------------------------|
| • Município: | Tianguá-CE |
| • Riacho Barrado: | Rio Jaburu |
| • Bacia Hidrográfica: | 350 km ² |
| • Área da Bacia Hidráulica: | 1.450 ha (cota 722,30) |

• Volume do Reservatório	210 hm ³
• Cota do coroamento da barragem:	726,10 (atual)
• Vazão regularizada (garantia de 90%)	4,78 m ³ /s
• Volume anual regularizado (garantia de 90%)	150,74 hm ³ /ano
• Vazão afluente máx de projeto (TR=1.000 anos)	1.224 m ³ /s (COBA,2000)
• Vazão máx de projeto amortecida (TR=1.000 anos)	155 m ³ /s (COBA,2000)
• Vazão afluente máx de projeto (TR=10.000 anos)	1.762 m ³ /s (COBA,2000)
• Vazão máx de projeto amortecida (TR=10.000 anos)	247 m ³ /s (COBA,2000)
• Nível d'água max. Maximorum (TR=1.000 anos)	724,65
• Nível d'água máximo normal	722,30
• Tipo de barragem	Terra zoneada
• Altura máxima com fundação (após recuperação)	48,10 m
• Extensão pelo coroamento	770,00 m
• SANGRADOURO	
• Tipo	Canal com soleira do tipo "Low-ogee"
• Largura	29,00 m
• Canal de aproximação	450,00 m
• Canal de descarga	100,00 m
• Cota da soleira	722,30 m
• TOMADA D'ÁGUA	
• Tipo	galeria com controle a jusante
• Diâmetro	600 mm

Após a conclusão desta 3ª intervenção, a COBA continuou pelo um período de 6 meses, ou seja, até março de 2005, o monitoramento da barragem Jaburu I, de acordo com o contrato nº 20/PROGERIRH/CE/SRH/2004, estabelecido entre a SRH e a COBA.

Ao longo desse período foram elaborados, (segundo Relatório da Visita de Inspeção Realizada a 01-05-2005 pela COBA), seis relatórios mensais com a apresentação das leituras e correspondente interpretação. Complementando o relatório final referente ao mês de março, foi efetuada uma visita de inspeção por técnicos da COBA no dia 01/05/2005, que foram acompanhados no local pelos técnicos da COGERH encarregados das leituras dos equipamentos instalados na obra.

Durante a visita foi procedida à inspeção de todas as estruturas do açude, foi preenchido uma ficha de inspeção visual onde foram anotadas as questões relevantes para as estruturas e feito um registro fotográfico da atual situação (Relatório da Visita de Inspeção 01-05-2005).

Consta neste relatório de visita, algumas recomendações e observações feitas pela COBA com vista a execução de pequenas reparações como:

- no canal de aproximação do vertedouro a caverna localizada a poucas dezenas de metros a montante da soleira, que havia sido preenchida com enrocamento e recobrimento de argamassa, voltou a fraturar e deformar formando um sumidouro à água que preenche o canal de aproximação. Foi sugerido reforçar o preenchimento da caverna com brita fina, e refazer novo recobrimento com argamassa;
- remoção de apreciável volume de sedimentação do canal, próximo da soleira, resultante da erosão dos níveis mais brandos do arenito do talude do lado direito do canal;
- o talude da ombreira esquerda da tomada d'água é quase vertical e constituída por alternâncias de níveis de arenitos de diferentes resistências à erosão, daí resultando uma evolução do talude por efeito da erosão e da queda de blocos. É conveniente estabilizar esse fenômeno, pelo que é recomendado que seja considerada a aplicação de concreto projetado sobre a superfície do terreno natural, de preferência após a sua regularização e eventualmente redução da inclinação;
- foi feita a seguinte observação no canal de restituição do sangradouro: a água que entra nas cavernas do canal a montante da soleira, sobretudo no buraco referido, surge na linha de água que conduz ao rio bastante a jusante da barragem, e em frente ao canal de restituição – aproximadamente 100 m de distância e 10 m abaixo da cota do canal.

Convém registrar que o monitoramento da barragem é feita diariamente por dois Agir's (Agentes de Guarda de Reservatórios) e as leituras das instrumentações é feita semanalmente, desde 2005, assim como dos medidores de vazão em um total de 9 medidores, enquanto que o "chek list" realizados para o relatório anual de segurança de barragem é feito duas vezes ao ano, por um técnico da gerencia regional de Crateús juntamente com os Agir's, desde agosto de 2001.

Os 9 medidores de vazão instalados a jusante da barragem e ombreiras permitem avaliar as vazões que percolam, basicamente, pelas fundações e pelas ombreiras.

A rocha de fundação é constituída de arenitos, entremeados de feições de desenvolvimento sub horizontais de siltitos e camadas de areias finas que podem ser carregadas pelo fluxo da água do reservatório. Para controle do fluxo foram procedidas três campanhas de injeção de cimento e um de asfalto, conforme descrito anteriormente, que até o momento têm sido efetivas no sentido de manter o

fluxo subterrâneo em valores relativamente constantes, sujeitos apenas a variações do NA do reservatório e sem indicações de carreamento das feições menos consolidadas.

Dos 9 medidores de vazão, 6 registram as vazões pela fundação da barragem (V-1 a V-6), 2 medem as vazões provenientes da ombreira esquerda (V-7 e V-8) e um das fundações do vertedouro (V-9).

O Medidor de vazão V-8 deixou de operar em janeiro de 2007, em razão de um escorregamento acontecido, onde um bloco de rocha provocou a destruição do mesmo. Então o medidor V-7, a jusante, passou a coletar, também, as vazões que eram medidas pelo V-8.

No início do ano de 2008 foi colocada pela GESIN, várias laminas de vidro, em algumas estruturas da barragem (meio fio e calhas de descida d'água) com o propósito de verificar se os constantes abalos sísmicos que ocorrem na região de Sobral, distante cerca de 90 km da barragem Jaburu I, teriam algumas interferência nas estruturas. Até hoje não foi registrado nenhum sinal de interferência.

Em janeiro de 2009, foi realizada uma visita de inspeção pelos técnicos da GESIN, sendo confirmado a evolução das pequenas cavernas/sumidouros no canal de aproximação do sangradouro, antes da soleira vertente, por onde se infiltra grande parte da água durante o período de vertimento. Foi constatado, também, nesta vistoria, a existência ao longo do talude esquerdo do canal de aproximação a existência de vários pontos de infiltração, que durante o período de vertimento a água se infiltra nestas laterais proporcionando a vazão que alimenta o medidor de vazão V-09, localizado a cerca de 180 m. Vale ressaltar que, quando não ocorre vertimento com, em 2006 e 2007 a vazão do V-09 é nula. Foi visto também, ao longo do fundo do canal de restituição vários pontos de fugas, sendo que, segundo o Agir, durante o vertimento é observado pequenos vórtices, indicativos de fuga d'água. As fotos a seguir mostram detalhes desta inspeção.



Figura 7 - vista geral do talude de jusante



Figura 8 - detalhe das lâminas de vidro



Figura 9 - detalhes dos sumidouros no canal de aproximação



Figura 10 - outra vista dos sumidouros



Figura 12 - canal de restituição do sangradouro



Figura 11 - vista do canal de restituição do sangradouro bastante erodido

No intenso período invernososo de 2009 foi observado um aumento significativo das vazões de percolação pela fundação e ombreiras da barragem, principalmente na área próxima à ombreira esquerda da barragem (medidor de vazão V-7 que mede as vazões percoladas por esta ombreira) com uma variação das mesmas de 3,33 l/s para 6,14 l/s. Após o período das chuvas, foi verificada uma diminuição do volume percolado conforme a redução do nível do açude, estabilizando a vazão em torno de 3,42 l/s. Contudo, no dia 20/ago/2009 foi registrado a ocorrência de fragmentos de asfalto na caixa de tranquilização do medidor de vazão V-7 provenientes das injeções executadas em 1989-1990 com o objetivo de bloquear os vazios existentes no arenito e controlar o fluxo por essa ombreira. Tudo indica que com o passar do tempo ocorreu um desgaste no arenito em torno do asfalto, que se desprendeu do arenito e foi carregado para o V-7. O recente aumento das vazões no V-7, no período do inverno, podem também corroborar este fato.

No início de dezembro de 2009 foi iniciada os serviços de reparo das pequenas cavernas ou sumidouros de água do canal de aproximação do vertedouro, localizadas a montante do Creager, tendo em vista que as obturações das cavidades realizadas em 2003 haviam sofrido recalque e se rompido, conforme citado anteriormente no relatório da COBA de 2005. Estes serviços, aqui denominados de **4ª Intervenção**, foram executados através do contrato nº 65/2009-CBMCE pela empresa Metalvias Construções Ltda. Inicialmente foram totalmente removidos os entulhos das lajes danificadas e as aberturas (ou cavernas) desobstruídas e limpas, em seguida obturadas com blocos de rocha não friável (granítica), até cerca de 2,0 m abaixo do piso do canal. Os últimos 0,5 m abaixo do piso do canal foram colocados blocos de dimensões gradualmente decrescentes (de baixo para cima), obedecendo ao critério de filtro. Acima desta camada foi executada a laje-tampão com malha de armadura com espessura de 0,15 m, comprimento de 45,0 m a partir do Creager e aproximadamente 1,80 m nos taludes laterais. A seguir é mostrado o registro da anomalia e as fase de execução dos serviços.



Figura 14 - vista do canal de aproximação em set/2009



Figura 13 - realização dos serviços em jan/2010



Figura 16 - execução dos serviços em fev/2010



Figura 15 - vista da laje concluída abr/2010

No dia 23 de dezembro de 2009, foi detectado pelo agente de guarda do açude que o medidor de vazão V-7, o mesmo que em agosto registrou a presença de fragmentos de asfalto, apresentou um considerável aumento de vazão, passando de 3,4 l/s para 5,4 l/s com carreamento de sedimentos e asfalto e coloração bastante turva. Entretanto, neste período não foi registrado precipitação nem tão pouco aumento de volume do reservatório. A Tabela 7 mostra vazões registradas no medidor V-7.

No dia 29 de dezembro foi realizada uma visita de inspeção a barragem por técnicos da COGERH, Defesa Civil e um consultor da SRH tendo sido constatado com preocupação a evolução das vazões provenientes da ombreira esquerda, sendo necessário a realização urgente de intervenção (injeções de asfalto e/ou cimento) para tentar conter a percolação. A seguir é mostrado o registro fotográfico da inspeção, assim como o registro das vazões no medidor de vazão V-7 durante o anos de 2009.



Figura 17 - retirada de material siltoso/asfáltico no V-7, revência na ombreira esquerda



Figura 18 - detalhe do material asfáltico proveniente da revência



Figura 19 - vista dos medidores V-7(E) da revência na ombreira esquerda e V-6 (D) da fund da barragem



Figura 20 - vista da revência na ombreira esquerda



Figura 21 - vista da Tomada d'Água, taludes bastante erodidos



Figura 22 - vista do canal de restituição do sangradouro bastante erodido

Tabela 7 - vazões provenientes da ombreira esquerda em 2009

Data	V-7		Observações
	Leitura (cm)	Vazão (l/s)	
09/01/2009	7.50	2.2	
25/03/2009	7.70	2.3	
15/04/2009	9.00	3.4	
06/05/2009	11.50	6.3	
11/05/2009	11.00	5.7	
18/05/2009	9.90	4.4	
20/05/2009	9.50	3.9	
03/06/2009	9.00	3.4	
20/08/2010	9.20	3.6	Foi observado a presença de resíduos de asfalto provenientes do medidor de vazão V-7.
13/11/2009	9.10	3.5	
03/12/2009	9.00	3.4	
23/12/2009	10.80	5.4	Observado a presença solo proveniente do medidor de vazão V-7/ água turva
25/12/2009	10.80	5.4	
28/12/2009	11.00	5.7	
30/12/2009	12.20	7.5	

Após a realização da visita foi feito um relatório para o Secretário dos Recursos Hídricos informando e alertando quanto a periculosidade de cunho social, ambiental e econômico, se porventura ocorrer um colapso com a barragem Jaburu I. Primeiro diz respeito os impactos a jusante da barragem que engloba áreas dos estados do Ceará e Piauí, sendo que este com um potencial bem maior, pois o rio Jaburú é barrado pela barragem Jaburu I, que se junta a jusante desta, ao rio Pejuaba, que também nasce no estado do Ceará e juntos, já no estado do Piauí formam o rio Jenipapo que é barrado pela barragem Piracuruca, conforme relatado no início deste relatório. Outro fator importante diz respeito ao desabastecimento direto, só no Ceará, de cerca de 160.000 habitantes.

O Secretário solicitou com brevidade ao Governo do Estado recursos para recuperação da barragem Jaburu I, sendo que no dia 14 de janeiro foi aprovado pelo Governador os recursos provenientes do Tesouro Estadual para execução dos serviços de recuperação. Imediatamente foi iniciado os tramites do processo licitatório, e por ser em caráter emergencial foi feita na modalidade de dispensa de licitação, sendo selecionada a Empresa S & V LTDA para execução dos serviços.

No dia 02 de fevereiro de 2010 foi assinado o contrato Nº 04/SRH/CE/2010 entre a Secretaria dos Recursos Hídricos – SRH, e a Empresa S & V LTDA, cujo objeto é a “Contratação do Projeto Executivo e das Obras para Recuperação da Barragem do Açude Jaburu I, constituindo-se de reforço

do tratamento da fundação, através da execução de cortinas de injeção a partir da crista da barragem, localizada nos municípios de Tianguá e Ubajara”. Nesta mesma data foi feita a sub-rogação do referido contrato para Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos – COGERH, e no dia 10 de fevereiro assinada a Ordem de Serviço.

As obras executadas no âmbito do contrato nº 04/SRH/CE/2010 constam dos seguintes serviços:

1. Execução de aterro hidráulico a montante da barragem;
2. Tratamento de fundação da barragem (ombreiras esquerda e direita) e sangradouro;
3. Drenagem de surgências ao longo do barramento e execução de medidores de vazão;
4. Estabilização dos taludes da tomada d’água;
5. Levantamentos topográfico da barragem e topobatimétrico do reservatório;
6. Estudos Hidrológicos;
7. Estudo preliminar do Plano de Ação Emergencial – PAE;
8. Anteprojeto da recuperação do Vertedouro.

2 – OBRAS REALIZADAS EM 2010 - 5ª INTERVENÇÃO

2.1 Aterro hidráulico a montante da barragem Jaburu I

Durante a fase inicial das obras emergenciais na barragem Jaburu I, foi executado um aterro hidráulico a montante da barragem, na margem esquerda, região provável da direção da surgência cuja vazão drena com carreamento de asfalto e silte para o medidor V-7. O aterro foi realizado com material argiloso (tipo piçarra/laterita), tendo sido colocado um volume de aproximadamente 16.530 m³.

O objetivo do aterro era por tentativa obturar ou colmatar os canalículos existentes no substrato rochoso, com a finalidade de minimizar o fluxo d’água que percolava pela fundação da barragem na ombreira esquerda, contudo, não se obteve resultados positivo com esta operação.

Na Foto a seguir é apresentado o detalhe do aterro que foi executado.



Figura 23 - vista do aterro hidráulico executado

2.2 Tratamento das Fundações

No mês de Março de 2010, foi iniciado o tratamento de fundação na barragem do Jaburu I. O tratamento foi iniciado na ombreira esquerda, área na qual desencadeou o processo relativo a atual intervenção. O medidor de vazão V-07 que capta e registra a vazão proveniente da surgência, neste período registrava uma vazão de aproximadamente 16,0 l/s. A maior vazão registrada foi de 19,3 l/s entre os dias 11 e 15 de janeiro.

Em princípio foi feita uma análise dos dados, resultados da 1ª intervenção (1989/1990), cuja área de abrangência coincide com a atual intervenção. Por tentativa, tendo em vista que as sondagens realizadas na 1ª intervenção não tinham coordenadas, tentou-se localizar as sondagens da atual campanha de investigações o mais próximo possível das sondagens que tiveram maior absorção tanto de asfalto com de cimento na 1ª intervenção.

Foi programada e executada a primeira linha da atual campanha de sondagens rotativas, constituída das SR-03 a SR-15. As sondagens foram executadas com o emprego de sonda rotativa Mach 920, da Maquesonda, de avanço manual, furos verticais com diâmetro NX (2,11pol) e uso de barrilete duplo giratório. Para cada operação do barrilete foram anotados: o tipo de material, total perfurado, total recuperado em percentagem e número de peças, dados que estão indicados nas fichas dos perfis de sondagens.

Durante a perfuração, conforme mostram as fichas de sondagens, foi observado que as sondagens SR-08 e SR-10 se comunicaram com a surgência, fato comprovado através da água de

perfuração, e que nas sondagens SR-09, SR-11 e SR-13 foi identificado presença de asfalto e cimento, vestígios da 1ª intervenção.

Nas sondagens SR-03, SR-05, SR-06, SR-07, SR-08, SR-09, SR-10 e SR-12 tentou-se realizar ensaios de perda d'água, no entanto, não obteve-se êxito nesta operação, tendo um altíssimo índice de perda d'água. Nestas investigações foi comprovado durante a perfuração vários trechos com perda d'água total.

A 1ª campanha de Injeção de Cimento, nesta intervenção, foi realizada nas SR-03 a SR-15, no período de 24 a 28 de abril, pelo método descendente, com traço de 1:1:1 (água – cimento – areia). Todos os dados desta operação se encontram na Tabela 8, a seguir. Como pode-se observar, durante o processo as sondagens SR-06, SR-08, SR-10, SR-11 e SR-12 comunicaram-se com a revênciã. Não foi registrada nenhuma alteração na vazão do medidor V-07 após esta campanha de injeção, pois permaneceu com aproximadamente 12,7 l/s. Vale ressaltar que, com a diminuição do nível do reservatório, a vazão na revênciã passou também a diminuir.

Como nesta primeira campanha não deu resultados positivos, tentou-se seguir a mesma sistemática adotada na 1ª Intervenção (1989/1990), ou seja, executar mais uma bateria de sondagens a jusante desta primeira linha injetada, e eleger-se alguns furos para injetar asfalto com a finalidade de tamponar e barrar o fluxo e em seguida complementar o serviço de impermeabilização, injetando cimento nos demais furos.

Tabela 8 - injeção de cimento - 1ª campanha

Sondagem N° (ØNX)	Prof. Perfurada (m)	coordenadas		Cota do Furo (m)	Prof. Do N.A (m)	Data	Início (h)	Término (h)	Tempo de Injeção (min)	Trecho Injetado (m)			Traço Ág : Cim : areia	Pressão (kg/cm²)	Alt. Manometro (kg/cm²)	Consumo de cimento (kg)	Observações
		Latitude	Longitude							Início	Término	Comprimento					
SR-03	25,0	265457,33	9572352,43	715,20		24/04/10	09:45	10:13	28	2,0	25,0	23,0	01:01:01	0,55	0,7	500	Com 6 sacos começou a dá pressão, com tempo de 8 min. Atingiu a pressão máxima com 9 sacos, 1 saco p/ fechamento. OBTUROU.
SR-04	25,4	265438,24	9572357,33	714,06		27/04/10	15:27	16:12	45	2,0	25,4	23,4	01:01:01	0,9	0,7	1.450	Com 19 sacos começou a dar pressão com mais 29 sc não atingiu a pressão desejada, caiu p/ pressão 0,0 (parou e lavou o furo). Injetado novamente na 2ª campanha de injeção de cimento
SR-05	25,0	265430,71	9572364,05	713,96		27/04/10	14:30	15:05	35	2,0	25,0	23,0	01:01:01	0,55	0,7	1.400	Com 12 sacos e tempo de 18 min começou a dá pressão. Com 26 min chegou a pressão máxima com com um consumo total de 28 sacos. OBTUROU.
SR-06	20,0	265409,85	9572377,12	713,78	10,43	26/04/10	14:14	16:47	33	2,0	20,0	18,0	01:01:01	0,7	0,7	1.000	Com um consumo de 19 sc e 35 min COMUNICOU com a revência. Total injetado 20 sc e tempo de 43 min. Injetado novamente na 2ª campanha e injeção de cimento
SR-07	25,0	265380,14	9572381,52	712,46		28/04/10	10:25	10:49	24	2,0	25,0	23,0	01:01:01	1,7	0,7	1.100	Com 7 sacos começou a dá pressão. Com consumo de 11 sc atingiu a pressão máxima desejada. Consumo total de 22 sc. OBTUROU.
SR-08	25,0	265413,59	9572375,01	713,85	9,87	28/04/10	14:20	14:44	24	2,0	25,0	23,0	01:01:01	1,02	0,7	700	Com um consumo de 14 sacos e tempo de 19 min COMUNICOU com a revência. Injetado novamente na 2ª campanha de injeção de cimento.
SR-09	24,7	265405,26	9572379,95	713,53		26/04/10	08:40	09:17	37	2,0	24,7	23,0	01:01:01	0,7	0,7	700	Com 13 sacos e tempo de 14 min começou a dá pressão. Com mais um saco, total de 14 sc, e tempo de 23 min atingiu a pressão desejada. OBTUROU
SR-10	25,0	265411,56	9572376,03	713,82	10	23/04/10	15:15	16:02	47	2,0	25,0	23,0	01:01:01	-	0,7	750	Não atingiu pressão com consumo de 15 sc, COMUNICOU com a revência. Quando foi injetar na 2ª campanha de injeção cimento o mesmo estava obturado com asfalto, ou seja, na 1ª campanha de injeção de asfalto houve comunicação com os outros furos injetados
SR-11	21,0	265416,6	9572373,67	713,93		26/04/10	13:30	14:06	46	2,0	21,0	19,0	01:01:01	-	0,7	1.000	Com 38 min e um consumo de 20 sc COMUNICOU com a revência. Injetado novamente na 2ª campanha de injeção de cimento.
SR-12	23,0	265414,41	9572371,27	713,84	9,89	26/04/10	14:28	15:20	52	2,0	23,0	21,0	01:01:01	3,8	0,7	1.000	Com 50 min e um consumo de 20 sc COMUNICOU com a revência. Quando foi injetar na 2ª campanha de injeção cimento o mesmo estava obturado com asfalto, ou seja, na 1ª campanha de injeção de asfalto houve comunicação com os outros furos injetados
SR-14	25,3	265400,6	9572382,47	713,41	2,53	27/04/10	13:40	14:15	35	2,0	25,3	23,3	01:01:01	3,2	0,7	1.250	Com 15 sacos começou a dá pressão mais não atingiu a pressão desejada com um consumo total de 25 sacos, parou e levou o furo p/ reinjetar. Injetado novamente na 2ª campanha de injeção de cimento.
SR-15	24,5	265403,18	9572381,02	713,48		28/04/10	09:00	10:00	25	2,0	24,5	22,5	01:01:01	2,8	0,7	1.000	Com um consumo de 20 sacos não atingiu a Pressão desejada, parou e lavou o furo. Injetado novamente na 2ª campanha de injeção de cimento

11.850

Foi executada a 2ª campanha de sondagens, compreendendo o intervalo da SR-16 a SR-51. Nesta bateria de investigações a localização dos furos foram bastantes aleatórias, pois, tomou-se como parâmetros para localização das sondagens alguns critérios, como: proximidade com os furos realizados na 1ª Intervenção (1989/1990); identificação de passagens com vestígios de cimento e asfalto, na atual campanha; perda d'água total na perfuração e comunicação da água de perfuração com a revência. A seguir é mostrada a associação de cada anomalia descrita acima com as sondagens executadas.

Anomalias	Sondagens (SR)
Comunicou com a revência	SR-16, SR-17, SR-20, SR-21, SR-22, SR-37, SR-38, SR-39
Passagens de asfalto	SR-18, SR-19, SR-23, SR-24, SR-37, SR-46, SR-47, SR-52, SR-53
Passagens de cimento	SR-13, SR-19, SR-23, SR-24, SR-33, SR-34, SR-48, SR-56
Não perdeu água na perfuração	SR-26, SR-27, SR-30, SR-33, SR-34

Com a quantidade de sondagens executadas, foi possível fazer uma programação para injeção de asfalto e logo em seguida fazer a consolidação com a programação de injeção de cimento.

No dia 18 de junho de 2010 foi iniciada a primeira tentativa de injeção de asfalto (CAP 50) na barragem Jaburu I, tendo como finalidade diminuir e/ou estagnar a surgência, localizada na região da encosta da ombreira esquerda da barragem. A vazão no medidor de vazão V-07 era de 12,2 l/s.

Nesta data, chegou a barragem (15:30hs) o caminhão caldeira com 10.000 kg de asfalto, onde cerca de 10 furos de sondagens estavam preparados para serem injetados, ou seja, chumbados os revestimentos. A sequência adotada para injetar, nesta primeira tentativa foi a seguinte: SR-22, SR-17, SR-16, SR-21 e SR-20, pois, foram estes furos que durante a perfuração, além de terem perda d'água total se comunicaram diretamente com a surgência.

Por volta das 17:00hs, como a caldeira não havia atingido a temperatura ideal, ou seja, cerca de 170° C, foi acordado que, a caldeira passaria a noite aquecendo e que no dia seguinte pela manhã seria iniciada a operação de injetamento.

Na manhã do dia 19, a caldeira se encontrava com temperatura ideal, 175 °C, então, foi dado início ao procedimento, o qual foi imediatamente abortado, pois foi constatado que equipamentos como: bomba, mangueira etc., não estavam adequados para a operação.

No dia 24 de junho foi iniciada a segunda tentativa, pois, nesta data se encontrava na barragem uma caldeira com 10.000kg de asfalto e uma carreta com 21.960 kg, todas com temperatura adequada para injetar. Todos os equipamentos utilizados foram devidamente providenciados dentro dos padrões

adequados, (bomba, mangueira, obturador, etc., e EPI's apropriadas, tendo em vista a alta temperatura do asfalto).

Durante os trabalhos preparativos foi detectado que o motor elétrico de 7,5cv não comportava puxar o asfalto da caldeira. Desta feita, foi necessário que a carreta com a carga de cerca de 21 toneladas fosse deslocada do pátio onde estava estacionada (porem com temperatura ideal para operação) e se posicionasse cuidadosamente na área a ser injetada, para que o potente motor desta assumisse o comando. A bomba utilizada tem 3 polegadas de diâmetro.

A sequência dos furos adotada para serem injetados foi a seguinte: SR-37, SR-22, SR-17, SR-16, SR-21 e SR-20. Foi determinado que a sondagem **SR-37**, seria a primeira a ser injetada, primeiro pela sua localização mais a jusante, e que também, como as demais selecionadas, houve bastante comunicação da água da perfuração com a surgência.

Às 9:24hs foi iniciada a injeção de asfalto no furo SR-37. Imediatamente após o inicio, o Agente de Guarda da Barragem, que conhece bastante todas as anomalias existentes na barragem, juntamente com um técnico da GESIN se deslocaram para a surgência com a finalidade de monitorar os possíveis sinais que surgissem provindos da operação ora em execução. Às 9:33hs a água na surgência começou a ficar barrenta e a diminuir consideravelmente. Neste momento, a mangueira que conduz o asfalto da carreta para o furo apresentou um pequeno vazamento, então, a operação foi paralisada para que fosse feito o processo de soldagem nesta.

Às 10:06hs, mesmo com o procedimento de injeção paralisado a água na surgência voltou a aumentar e com aspectos bem mais barrenta.

Às 10:20hs retomou a injeção no furo SR-37. Às 10:22hs a água na surgência começou a diminuir, neste instante, a pressão na bomba era de 1,5 atm. Às 10:25hs a água na surgência parou completamente.

Às 10:27hs começou a sair asfalto, em grande quantidade, no furo SR-10 localizado na primeira linha de furos. Vale ressaltar que, a SR-10 assim com a SR-08 durante a perfuração e também na injeção de cimento se comunicaram bastante com a surgência.

Às 10:30hs parou a injeção na SR-37, não havia mais pressão. A esta altura, já havia sido injetado praticamente metade da carreta \approx 12 toneladas a uma temperatura de 160° C.

Às 10:43hs começou a sair água barrenta na surgência.

Foi feito a mudança da mangueira para o 2º furo a ser injetado – **SR-22**, e às 10:45hs começou a operação. Logo no inicio da operação neste furo, a vazão da água na surgência começou a aumentar, e em questão de 1,5 min começou a sair vestígios de asfalto antigo pela surgência.

Às 10:47hs foi paralisada a injeção no furo SR-22, pois, começou a vazar asfalto pelo chumbamento de cimento feito para sustentar o revestimento.

Os equipamentos foram deslocados para o furo **SR-21**, o 3º a ser injetado, e às 10:51hs foi iniciada a operação neste furo. A esta altura, a água na surgência estava praticamente igual a antes de começar a operação de injeção nesta data, no entanto, repentinamente a coloração limpou bastante. Às 11:00hs a vazão na surgência começou a parar novamente. Neste instante começou a sair fumaça e logo depois asfalto no furo SR-37, então, a injeção foi paralisada para proceder a obturação do furo SR-37. Às 11:00hs retomou a injeção e quando estava com pressão de 2 kg arrancou a base de cimento e começou a jorrar asfalto pela boca do furo injetado, SR-21.

Às 11:05hs a vazão na surgência começou a oscilar bastante (aumentando e diminuindo), porém, com a coloração bem menos barrenta.

A **SR-35** foi o 4º furo a ser injetado, o procedimento foi iniciado às 11:10hs e quando atingiu a pressão de 2 kg, às 11:11hs, começou a vazar asfalto no terreno em volta do furo, então a injeção foi paralisada.

O equipamento de injeção foi deslocado para o furo **SR-38**, 5º furo a ser injetado. Às 11:15hs começou a injetar, como os demais, a uma temperatura de 160°C. Às 11:24hs começou a jorrar asfalto com cerca de 1,0 metro de altura pelo furo SR-18. Às 11:26hs a água na surgência diminuiu bastante.

A operação foi paralisada o tempo suficiente para que o furo SR-18 parasse de jorrar, a fim de proceder a obturação do mesmo, para voltar a injetar na SR-38. Às 11:27hs a água voltou a aumentar na surgência com aspecto barrenta.

Às 11:30hs o furo SR-18 foi obturado.

Às 11:34hs começou a sair asfalto nas SR-16 e SR-12, sendo que na SR-16 a quantidade era bem menor, enquanto, na SR-12 chegou a jorrar a uma altura de aproximadamente 30 cm.

A água ficou oscilando bastante na surgência, com coloração bem escura, como se tivesse asfalto (antigo) em pó dissolvido.

Às 11:47hs foi retomada a injeção na SR-38, desta vez já utilizando asfalto da caldeira menor, pois, o asfalto da caldeira maior, cerca de 22 toneladas havia acabado (este furo não pegou pressão). Às 11:50hs começou a sair asfalto pelo furo SR-19, sendo este imediatamente obturado e procedida a injeção no furo SR-38. Após 10 minutos de injeção, às 12:00hs, começou a sair asfalto no terreno natural em volta da SR-19 e água fervendo na SR-37.

O equipamento de injeção foi deslocado para o 6º e último furo programado para injetar nesta campanha, **SR-36**. A injeção começou às 12:21hs. Às 12:29hs, a água na surgência começou a diminuir e foi observado a presença de pequenos pedaços de asfalto antigo. Às 12:40hs, começou a sair asfalto no furo SR-39, então, foi dada por encerrada a operação desta primeira campanha de injeção de asfalto.

Vale ressaltar que durante esta operação, com descrita acima, houve uma grande comunicação dos seis furos injetados com os demais da malha de sondagem executada.

Conclui-se portanto, que, a malha de furos perfurados se encontravam muito próxima, daí a grande comunicação entre os furos durante o processo da injeção de asfalto.

A vazão no medidor V-07 antes do início da operação era de **12,18 l/s** e 30 minutos após o término do procedimento das injeções foi de **1,52 l/s**.

Nesta data se encontrava em processo de construção dos Medidores V-10 e V-11, ou seja, mais precisamente um medidor composto por duas células, localizados pouco a jusante do medidor V-08 (danificado), que captava a vazão nas proximidades da revência, e a montante do medidor V-07 situado no pé do talude.

A seguir tem-se a Tabela 9 , contendo todos os registros desta etapa da campanha e algumas fotos do procedimento do tratamento com asfalto.



Figura 25 - procedimentos iniciais para injeção de asfalto



Figura 24 - vazão na revência no início da injeção na SR-37



Figura 27 - ainda durante a injeção da SR-37 a vazão na revência praticamente parou



Figura 26 - níveis dos medidores V-7 (E) e V-6(D) após as injeções

Tabela 9 - injeção de asfalto - 1ª campanha (ombreira esquerda)

CONTRATO Nº 04/SRH/CE/2010 – PROJETO EXECUTIVO E DAS OBRAS PARA RECUPERAÇÃO DA BARRAGEM DO AÇUDE JABURU I - 2010
INJEÇÃO DE ASFALTO - 1ª CAMPANHA (OMBREIRA ESQUERDA)

Sondagem Nº (ØNX)	Prof. Perfurada (m)	coordenadas		Cota do Furo (m)	Prof. Do N.A (m)	Data	Início (h)	Término (h)	Tempo de Injeção (min)	Trecho Injetado (m)			Pressão (kg/cm²)	Consumo de ASFALTO (kg)	Observações
		Latitude	Longitude							Início	Término	Comprimento			
1ª CAMPANHA															
SR-37	25,0	265402,09	9572374,39	713,58		24/06/10	09:24	10:30	66	2,0	25,0	23,0	12.000	Foi injetado com várias paralisações, cerca de 12.000 kg de asfalto. A vazão na surgência chegou a paralisar, aumentou, ficou turva e finalmente vazou asfalto pelo pé do furo	
SR-22	25,0	265413,34	9572368,52	713,75		24/06/10	10:45	10:47	2	2,0	25,0	23,0		Logo quando iniciou a injeção a vazão na surgência aumentou e após 2 min começou a sair vestígios de asfalto antigo na surgência. Começou a vazar asfalto pelo chumbamento de cimento que sustenta o revestimento	
SR-21	25,0	265417,44	9572366,64	713,88		24/06/10	10:51	11:00	9	2,0	25,0	23,0	2	Apesar da vazão na surgência permanecer praticamente igual a antes de começar as injeções neste dia, a coloração da água limpou bastante. Jorrou asfalto no pé do furo e comunicou com o SR-37.	
SR-35	25,0	265395,64	9572374,52	713,29		24/06/10	11:10	11:11	1	2,0	25,0	23,0	2	Com 1 min começou a vazar asfalto em volta do furo	
SR-38	22,5	265398,10	9572376,93	713,47		24/06/10	11:15	12:00	45	2,0	22,5	20,5	15.500	às 11:24hs jorrou asfalto com cerca de 1 m de altura na SR-18. Às 11:26hs a vazão na surgência diminuiu bastante. A injeção ficou paralisada por cerca 21 min, e neste intervalo, também, jorrou asfalto nas SR-16 e SR-12, a vazão oscilou bastante na surgência e a cor da água ficou bastante escura. Às 11:47hs a injeção foi retomada sendo usado o asfalto da caldeira menor, pois as 22 t já havia sido injetada. Às 11:50hs saiu asfalto na SR-19 sendo imediatamente obturado e às 12:00hs começou a sair asfalto em volta da SR-19 e água fervendo na SR-37. A injeção foi encerrada	
SR-36	25,0	265390,80	9572376,77	713,11		24/06/10	12:21	12:40	19	2,0	25,0	23,0		Começou a injetar às 12:21hs e às 12:29 c água na surgência começou a diminuir e observado presença de pequenos pedaços de asfalto antigo. Às 12:40hs começou a sair asfalto no furo SR-39, então foi encerrada a operação desta campanha.	

Os furos de sondagens que não foram injetados com asfalto, conforme programado, foram injetados com calda de cimento, com exceção das sondagens SR-40, SR-44, SR-45 e SR-50 que foram escolhidas para serem injetadas na 2ª Campanha de Injeção de Asfalto. O tratamento da fundação com calda de cimento teve como finalidade consolidar os vazios, cujo tamponamento foi executado com o asfalto. Esta campanha foi denominada de 2ª Campanha de Injeção de Cimento na ombreira esquerda. A vazão neste período, registrada no medidor V-07 variou de 1,25 l/s para 2,25 l/s, como observa-se houve uma leve elevação.

A Tabela 10, mostra os dados registrados nesta operação, que foi realizada de 26 de junho a 30 de julho de 2010.

Tabela 10 - injeção de cimento - 2ª campanha (ombreira esquerda)

CONTRATO Nº 04/SRH/CE/2010 – PROJETO EXECUTIVO E DAS OBRAS PARA RECUPERAÇÃO DA BARRAGEM DO AÇUDE JABURU I - 2010
INJEÇÃO DE CIMENTO - 2ª CAMPANHA (OMBREIRA ESQUERDA)

Sondagem Nº (ØNX)	Prof. Perfurada (m)	coordenadas		Cota do Furo (m)	Prof. Do N.A (m)	Data	Início (h)	Término (h)	Tempo de Injeção (min)	Trecho Injetado (m)			Traço Ág : Cim : areia	Pressão (kg/cm²)	Alt. Manometro (kg/cm²)	Consumo de cimento (kg)	Observações
		Latitude	Longitude							Início	Término	Comprimento					
SR-04	25,0	265438,24	9572357,33	714,06		26/06/10	14:15	15:12	97	1,0	25,0	24,0	01:01:01	3,35	0,6	1.950	Foram injetados 39 sacos e não atingiu a pressão.
SR-04				714,06		30/06/10	07:40	07:48	8	1,0	25,0	24,0	01:01:01	3,00	0,6	200	Consumo de 4 sacos de cimento. OBTUROU.
SR-06	25,0	265409,85	9572377,12	713,78		26/06/10	15:56	16:19	23	1,0	25,0	24,0	01:01:01	3,25	0,6	900	Atingiu pressão com consumo de 18 sacos de cimento. OBTUROU
SR-08	25,0	265413,59	9572375,01	713,85		26/06/10	15:44	15:53	9	1,0	25,0	24,0	01:01:01	3,25	0,7	300	Atingiu pressão com consumo de 6 sacos de cimento. OBTUROU
SR-11	25,0	265416,60	9572373,67	713,93		26/06/10	15:30	15:41	11	1,0	25,0	24,0	01:01:01	3,25	0,6	350	Atingiu pressão com consumo de 7 sacos de cimento. OBTUROU
SR-14	25,0	265400,60	9572382,47	713,41		26/06/10	16:48	17:06	18	1,0	25,0	24,0	01:01:01	3,25	0,6	400	Atingiu pressão com consumo de 8 sacos de cimento. OBTUROU
SR-15	25,0	265403,18	9572381,02	713,48		26/06/10	16:21	16:46	25	1,0	25,0	24,0	01:01:01	3,25	0,6	600	Atingiu pressão com consumo de 12 sacos de cimento. OBTUROU
SR-17	25,0	265411,70	9572372,45	713,85		30/06/10	15:30	15:45	15	1,0	25,0	24,0	01:01:01	3,25	0,7	350	Consumo de 7 sacos de cimento. OBTUROU.
SR-17				713,85		09/07/10	11:25	11:30	5	1,0	25,0	24,0	01:01:01	3,5	0,7	50	Nesta data foi novamente injetado com consumo de 1 saco de cimento. OBTUROU
SR-18	25,0	265408,99	9572373,68	713,87		29/06/10	15:05	15:10	5	0,5	25,0	24,5	01:01:01	3,25	0,7	100	Consumo de 2 sacos de cimento. OBTUROU.
SR-20	25,0	265421,22	9572367,31	713,93		26/06/10	14:00	14:12	12	1,0	25,0	24,0	01:01:01	3,25	0,6	500	Com consumo de 10 sacos de cimento. OBTUROU
SR-22	25,0	265413,34	9572368,52	713,75		29/06/10	15:12	15:19	7	0,5	25,0	24,5	01:01:01	3,25	0,7	300	Consumo de 6 sacos de cimento. OBTUROU.
SR-23	25,0	265409,00	9572370,53	713,77		26/06/10	18:15	18:44	29	1,0	25,0	24,0	01:01:01	3,25	0,6	650	Com consumo de 13 sacos de cimento. OBTUROU
SR-23				713,77		29/06/10	15:20	15:27	7	1,0	25,0	24,0	01:01:01	3,25	0,6	100	Consumo de 2 sacos de cimento. OBTUROU.
SR-24	25,0	265406,45	9572371,83	713,79		01/07/10	07:32	08:25	53	1,0	25,0	24,0	01:01:01	3,25	0,7	2.400	Consumo de 48 sacos de cimento. OBTUROU.
SR-25	25,0	265410,37	9572357,99	713,53		26/06/10	17:40	18:12	32	1,0	25,0	24,0	01:01:01	3,25	0,6	700	Atingiu pressão com consumo de 14 sacos de cimento. OBTUROU
SR-26	25,0	265406,00	9572360,44	713,44		30/06/10	09:50	11:25	215	1,0	25,0	24,0	01:01:01	3,25	0,7	4.800	Consumo de 96 sacos de cimento. OBTUROU.
SR-27	25,0	265403,11	9572361,91	713,32		30/06/10	07:50	08:19	29	1,0	25,0	24,0	01:01:01	3,25	0,7	350	Consumo de 7 sacos de cimento. OBTUROU.
SR-28	25,0	265399,53	9572364,00	712,99		26/06/10	17:11	17:39	28	1,0	25,0	24,0	01:01:01	3,25	0,6	950	Atingiu pressão com consumo de 29 sacos de cimento. OBTUROU
SR-29	25,0	265422,16	9572359,68	713,81		28/06/10	10:10	11:16	66	3,0	25,0	22,0	01:01:01	3,25	0,7	3.400	Com 26 sacos começou a ter pressão, com 68 ainda não havia atingido a pressão desejada. Parou
SR-29	25,0			713,81		29/06/10	08:32	11:20	168	3,0	25,0	22,0	01:01:01	3,75	0,7	8.900	Retomou a injeção e com um consumo de 178 sacos de cimento OBTUROU
SR-30	25,0	265418,13	9572363,06	713,85		01/07/10	08:27	09:45	78	1,0	25,0	24,0	01:01:01	3,25	0,7	2.650	Consumo de 53 sacos de cimento. OBTUROU.
SR-33	25,0	265404,13	9572369,78	713,55		09/07/10	10:10	11:15	65	1,0	25,0	24,0	01:01:01	3,05	0,7	2.400	Atingiu pressão com consumo de 48 sacos de cimento. OBTUROU
SR-34	25,0	265400,05	9572371,79	713,46		09/07/10	08:00	08:30	30	1,0	25,0	24,0	01:01:01	3,05	0,7	1.150	Atingiu pressão com consumo de 23 sacos de cimento. OBTUROU
SR-41	25,0	265415,17	9572379,47	713,89		30/07/10	08:07	08:25	18	1,0	25,0	24,0	01:01:01	3,05	0,7	1.850	Com consumo de 37 sacos houve percolação à 2 metros do furo. OBTUROU
SR-42	25,0	265425,85	9572360,88	713,99		30/07/10	10:15	10:20	5	1,0	25,0	24,0	01:01:01	3,05	0,7	50	Atingiu pressão com consumo de 1 saco de cimento. OBTUROU
SR-43	25,0	265415,23	9572356,01	713,58		29/07/10	15:10	16:17	67	1,0	25,0	24,0	01:01:01	3,05	0,7	5.500	Com consumo de 110 sacos ainda não atingiu a pressão desejada
SR-43				713,58		30/07/10	07:15	07:35	20	1,0	25,0	24,0	01:01:01	3,05	0,7	300	Retomada a injeção, com consumo de 6 sacos houve percolação ao lado do furo. OBTUROU
SR-46	25,0	265402,17	9572377,36	713,52		28/07/10	14:58	15:08	10	1,0	25,0	24,0	01:01:01	3,05	0,7	450	Com consumo de 9 sacos houve percolação no revestimento do furo. OBTUROU
SR-47	20,0	265397,99	9572379,29	713,43													Quando injetou a SR-49 comunicou com a SR-47. O furo foi OBTUROU.
SR-48	25,0	265396,49	9572384,43	713,24		30/07/10	10:18	10:30	12	1,0	25,0	24,0	01:01:01	3,05	0,7	1.950	Com consumo de 39 sacos houve percolação à cerca de 22 metros de distancia. OBTUROU
SR-49	25,0	265393,75	9572381,62	713,31		28/07/10	14:00	14:55	55	1,0	25,0	24,0	01:01:01	3,05	0,7	2.650	Com consumo de 42 sacos, comunicou-se com o SR-47, que foi obturado, dando continuidade a injeção. Com consumo total de 53 sacos houve percolação à 2,85m do furo. OBTUROU
SR-51	25,0	265419,72	9572353,88	713,67		30/07/10	07:50	08:05	15	1,0	25,0	24,0	01:01:01	3,05	0,7	850	Consumo de 17 sacos de cimento. OBTUROU.
																48.050	

Conforme relatado no paragrafo anterior, as quatro sondagens eleitas para 2ª Campanha de Injeção de Asfalto, tendo como finalidade diminuir e/ou estagnar a surgência, localizada na região da encosta da ombreira esquerda da barragem, foram injetadas no dia 30 de julho. Do dia 21 para 22 houve um pequeno aumento na vazão do medidor V-07, passando de 1,64 para 2,25 l/s. O medidores de vazão V-10 e V-11 nesta data registravam vazão de 1,83 l/s e 1,25 l/s, respectivamente.

Foram preparados os quatro furos para serem injetados nesta 2ª campanha: SR-40, SR-45, SR-44 e SR-50. O procedimento foi iniciado no furo **SR-40**, às 14:30hs com o asfalto na temperatura de 150°C. Às 14:33hs vazou asfalto pela mangueira e pelo chumbamento do furo. Este furo, SR-40, foi obturado e mudado o equipamento para a **SR-45**, às 15:14hs começou a injetar, chegou a 1kg de pressão, e após 3 minutos às 15:17hs vazou asfalto pelo chumbamento e no terreno natural em volta do furo, chegando a rachar o solo, então, o procedimento foi encerrada neste furo.

A operação foi transferida para sondagem **SR-44**, e às 15:44hs começou a injetar, sendo que, após 2 minutos com uma pressão de 0,5kg vazou uma grande quantidade de asfalto no terreno natural em volta do furo, num raio de 2 metros. Quando a mangueira foi retirada, o furo estava cheio de asfalto.

A sondagem **SR-50**, última a ser injetada, começou o procedimento às 15:50hs, chegou a atingir 0,5 kg de pressão e após 2 minutos, às 15:52hs, começou a surgir asfalto na área em volta do furo.

O processo de injeção de asfalto foi assim concluído, tendo sido injetado um total de 3.200 kg de asfalto nos quatro furos determinados para esta campanha.

Antes de iniciar todo o procedimento os técnicos da GESIN juntamente com o AGIR foram para o local da surgência com a finalidade de anotar a mudanças que ocorressem na coloração e vazão, no entanto, não foi detectado nenhuma anormalidade. A vazão nos medidores V-07, V-10 e V-11 permaneceram constantes.

Na 1ª campanha de injeção de asfalto havia uma grande malha de furos, o que prejudicou bastante, pois a grande maioria dos furos se comunicaram, já nesta 2ª campanha, foi programado para injetar somente 4 furos, localizados a distancias maiores, os quais absorveram uma quantidade muito pequena. Conclui-se desta forma, que, na região tratada os vazios foram preenchidos pelo menos na sua grande maioria por asfalto e/ou cimento. A Tabela 11 a seguir, mostra os dados desta 2ª Campanha de Injeção de Asfalto.

Tabela 11 - injeção de asfalto - 2ª campanha (ombreira esquerda)

CONTRATO N° 04/SRH/CE/2010 – PROJETO EXECUTIVO E DAS OBRAS PARA RECUPERAÇÃO DA BARRAGEM DO AÇUDE JABURU I - 2010
 INJEÇÃO DE ASFALTO - 2ª CAMPANHA (OMBREIRA ESQUERDA)

Sondagem N° (ØNX)	Prof. Perfurada (m)	coordenadas		Cota do Furo (m)	Prof. Do N.A (m)	Data	Início (h)	Término (h)	Tempo de Injeção (min)	Trecho Injetado (m)			Pressão (kg/cm²)	Consumo de ASFALTO (kg)	Observações
		Latitude	Longitude							Início	Término	Comprimento			
2ª CAMPANHA															
SR-40	25,0	265388,90	9572382,47	713,09		30/07/10	14:30	14:33	3	2,0	25,0	23,0			começou a injetar às 14:30hs e às 14:33hs vazou asfalto pela mangueira e pelo chumbamento do furo.
SR-45	25,0	265386,34	9572379,10	712,92		30/07/10	15:41	15:17	3	2,0	25,0	23,0	1		começou a injetar às 15:14hs chegou a 1kg de pressão, após 3 min vazou asfalto pelo chumbamento e no terreno em volta do furo . O procedimento foi encerrado neste furo.
SR-44	25,0	265378,67	9572367,87	710,35		30/07/10	15:44	15:46	2	2,0	25,0	23,0	0,5		começou a injetar às 15:44hs após 2 min vazou uma grande quantidade de asfalto no terreno natural em volta do furo, num raio de 2 metros.
SR-50	25,0	265388,70	9572365,90	711,67		30/07/10	15:50	15:52	2	2,0	25,0	23,0	0,5		começou a injetar às 15:50hs chegou a atingir 0,5kg de pressão e após 2 min começou a surgir asfalto na área em volta do furo

Foi programada uma nova linha de sondagens a ser perfurada e injetada, localizada a montante de todas as linhas injetadas, ou seja, no pé da barragem, a qual chamou-se de linha de reforço ao tratamento na ombreira esquerda. Foram perfuradas 14 sondagens, SR-52 a SR-65 as quais foram injetadas com calda de cimento conforme Tabela 12. É mostrado também, a seguir os registros da vazão do medidor V-7 durante o ano de 2009 até após a 1ª campanha de injeção de asfalto, nesta intervenção.

Tabela 12 - injeção de cimento - 3ª campanha (ombreira esquerda)

CONTRATO Nº 04/SRH/ICE/2010 – PROJETO EXECUTIVO E DAS OBRAS PARA RECUPERAÇÃO DA BARRAGEM DO AÇUDE JABURU I - 2010																	
INJEÇÃO DE CIMENTO - 3ª CAMPANHA (OMBREIRA ESQUERDA)																	
Sondagem N° (ØNX)	Prof. Perfurada (m)	coordenadas		Cota do Furo (m)	Prof. Do N.A (m)	Data	Início (h)	Término (h)	Tempo de Injeção (min)	Trecho Injetado (m)			Traço Ág : Cim : areia	Pressão (kg/cm²)	Alt. Manometro (kg/cm²)	Consumo de cimento (kg)	Observações
		Latitude	Longitude							Início	Término	Comprimento					
SR-52	25,0	265432,35	9572372,72	714,03		11/08/10	14:25	15:40	75	1,0	25,0	24,0	01:01:01	3,05	0,7	3.450	Com um consumo de 69 sacos atingiu a pressão desejada. OBTUROU
SR-53	25,0	265427,94	9572375,98	714,13		11/08/10	16:08	16:18	10	1,0	25,0	24,0	01:01:01	3,05	0,7	650	Com um consumo de 13 sacos atingiu a pressão desejada. OBTUROU
SR-54	25,0	265424,22	9572379,18	714,01		18/08/10	15:45	15:57	12	1,0	25,0	24,0	01:01:01	3,05	0,7	800	Com um consumo de 16 sacos atingiu a pressão desejada. OBTUROU
SR-55	25,5	265420,35	9572381,38	713,90		11/08/10	16:20	17:00	100	1,0	25,0	24,0	01:01:01	3,05	0,7	4.300	Com consumo de 56 sacos começou sair pelo furo SR-56 sendo este obturado. Continuou a injeção e com mais 30 sacos o furo OBTUROU . Total 86 sacos
SR-56	25,0	265416,85	9572383,50	713,87													OBTUROU , quando o SR-55 foi injetada
SR-57	25,0	265436,73	9572370,35	714,16		21/08/10	13:16	14:00	44	1,0	25,0	24,0	01:01:01	3,05	0,7	1.200	Com consumo de 22 sacos atingiu a pressão desejada. OBTUROU
SR-58	25,0	265412,74	9572386,87	713,84		21/08/10	08:05	09:12	67	1,0	25,0	24,0	01:01:01	3,05	0,7	1.200	com consumo de 24 sacos atingiu a pressão desejada. OBTUROU
SR-59	25,0	265408,33	9572389,21	713,80		21/08/10	09:12	09:44	32	1,0	25,0	24,0	01:01:01	3,05	0,7	1.400	Com consumo de 28 sacos atingiu a pressão desejada. OBTUROU
SR-60	25,0	265403,62	9572391,70	714,08		21/08/10	10:50	11:58	68	1,0	25,0	24,0	01:01:01	3,05	0,7	4.050	Com consumo de 43 sacos começou a da pressão com mais 38 sacos, ou seja, total de 81 sacos atingiu a pressão desejada. OBTUROU
SR-61	25,0	265399,54	9572394,41	713,56		21/08/10	10:22	10:43	21	1,0	25,0	24,0	01:01:01	3,05	0,7	2.100	Com consumo de 42 sacos atingiu a pressão desejada. OBTUROU
SR-62	25,0	265395,28	9572397,17	712,96		21/08/10	09:46	10:15	29	1,0	25,0	24,0	01:01:01	3,05	0,7	950	Com consumo de 19 sacos atingiu a pressão desejada. OBTUROU
SR-63	25,0	265389,52	9572399,51	712,13		21/08/10	09:27	10:18	51	1,0	25,0	24,0	01:01:01	3,05	0,7	1.600	Com consumo de 32 sacos atingiu a pressão desejada. OBTUROU
SR-64	25,0	265392,26	9572386,76	713,02		21/08/10	15:29	16:34	65	1,0	25,0	24,0	01:01:01	3,05	0,7	1.100	Com consumo de 22 sacos atingiu a pressão desejada. OBTUROU
SR-65	25,0	265383,84	9572385,15	712,81		21/08/10	14:34	15:26	52	1,0	25,0	24,0	01:01:01	3,05	0,7	950	Com consumo de 19 sacos atingiu a pressão desejada. OBTUROU
															23.750		

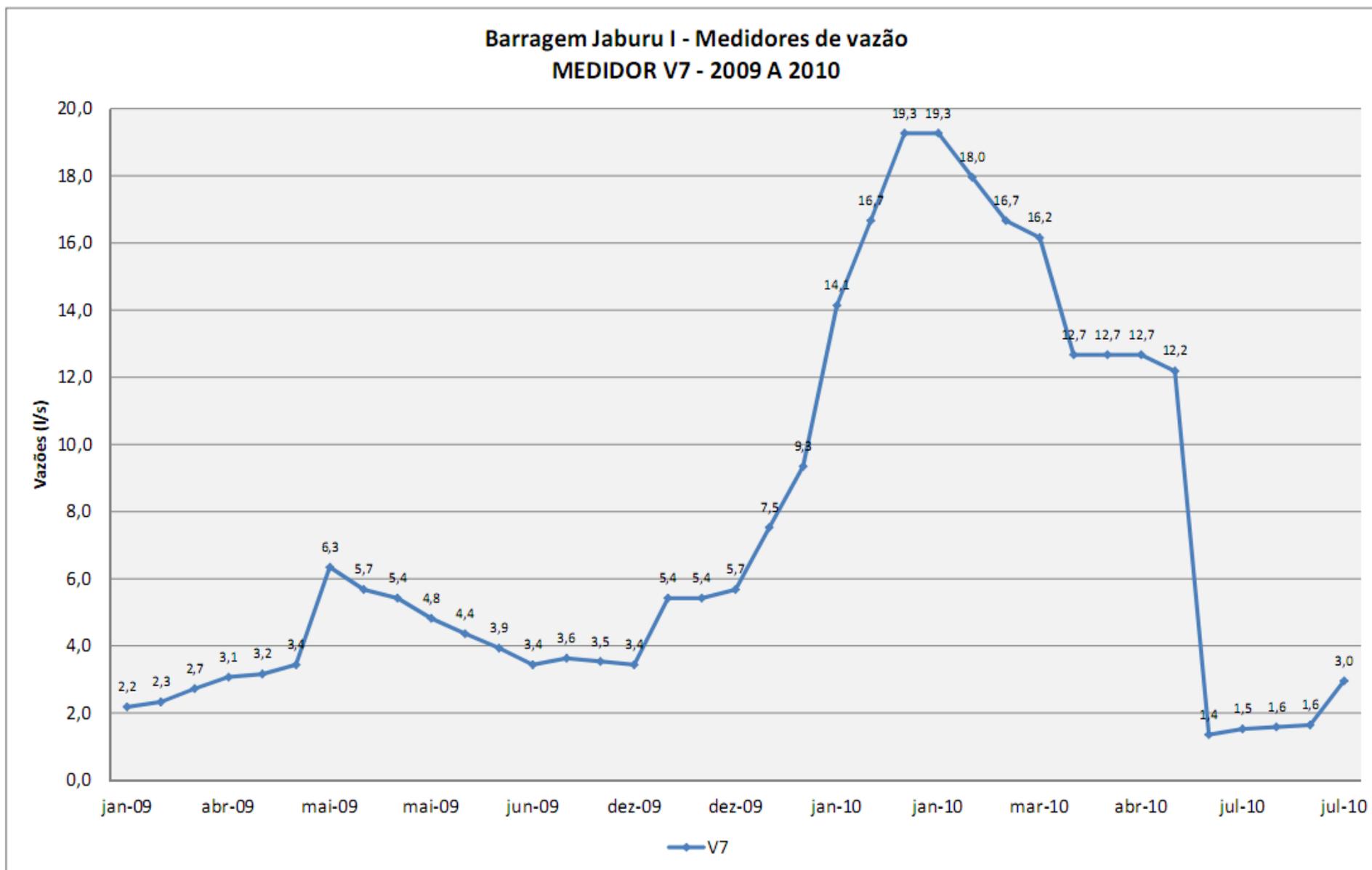


Figura 28 - registro das vazões do medidor V-07 - 2009 a 2010

Foi observado nos registros das vazões que percolam pelas fundações das estruturas do açude Jaburu I, que quando o sangradouro entra em operação, o medidor de vazão V-09, localizado na meia encosta a aproximadamente 52 metros do pé da barragem e a cerca de 190 metros do sangradouro, imediatamente, também, começa a operar.

Na 3ª Intervenção, realizada em 2003, foi aplicado um concreto magro no talude esquerdo do canal de aproximação, com o objetivo de regularizar a superfície, diminuir a turbulência no escoamento das águas e conseqüentemente diminuir as erosões e as infiltrações.

É observado através dos registros de vazões do medidor V-09, que após a 3ª intervenção não houve nenhuma alteração no fluxo que drena para o referido medidor, ou seja, permaneceu como antes da intervenção.

Desta forma, como nunca foi realizado tratamento da fundação na região entre o final da barragem, na margem direita, e o canal do sangradouro, programou-se uma campanha de sondagens ao longo do talude esquerdo do canal de aproximação, visando o conhecimento geotécnico da fundação da região e o tratamento através de injeção com calda de cimento, tendo como objetivo barrar o fluxo que drena do canal de aproximação do sangradouro em direção a meia encosta a jusante da barragem.

Executou-se primeiramente uma bateria de 25 sondagens distando 12 metros, entre si. Foi possível identificar através dos perfis das sondagens, que, nesta região o arenito se encontra bastante alterado e pouco coerente tendo em vista o baixo ou nulo percentual de recuperação, como pode-se vê nas fichas de sondagens. Em todas as sondagens foram realizadas injeções de calda de cimento, areia e água traço 1:1:1, pelo método ascendente, até a rejeição de calda sendo consumido nesta operação um total de 78.050 kg de cimento.

Devido o grande consumo de calda e a péssima configuração litológica da rocha arenítica na região, foi decidido executar mais uma bateria de furos, ou seja, intercalar a cada 6 metros uma nova malha de furos. Foram executados e injetados, nesta campanha, mais 23 furos, os quais consumiram um total de 33.350 kg de cimento.

Nas Tabelas 13 e 14, constam todos os registros do tratamento da fundação na margem direita da barragem. É também mostrado fotos dos testemunhos de sondagens realizadas na área.



Figura 29 - testemunhos das SR-18 e SR-19



Figura 30 - testemunhos da SR-12



Figura 31 - testemunhos da SR-13



Figura 32 - testemunhos da SR-41

Tabela 13 - injeção de cimento - 4ª campanha (ombreira direita)(A)

CONTRATO Nº 04/SRH/CE/2010 – PROJETO EXECUTIVO E DAS OBRAS PARA RECUPERAÇÃO DA BARRAGEM DO AÇUDE JABURU I - 2010 INJEÇÃO DE CIMENTO - 4ª CAMPANHA – OMBREIRA DIREITA (A)																	
Sondagem Nº (BNX)	Prof. Perfurada (m)	coordenadas		Cota do Furo (m)	Prof. De N.A. (m)	Data	Início (h)	Término (h)	Tempo de Injeção (min)	Trecho Injetado (m)			Traço Ág : Cim : areia	Pressão (kg/cm²)	Alt. Manômetro (kg/cm²)	Consumo de cimento (kg)	Observações
		Latitude	Longitude							Início	Término	Comprimento					
SR-01(OD)	25,0	264898,50	9572698,33	721,69		07/09/10	13:55	14:27	32	1,0	25,0	24,0	01:01:01	3,05	0,7	1.850	Com um consumo de 37 sacos percolou ao lado a uma distancia de 3m. OBTUROU
SR-02(OD)	25,0	264904,44	9572709,84	724,13		07/09/10	14:35	15:05	30	1,0	25,0	24,0	01:01:01	3,05	0,7	1.400	Com um consumo de 28 sacos percolou ao lado. OBTUROU
SR-03(OD)	25,0	264913,52	9572717,92	724,39		09/09/10	11:15	11:43	28	1,0	25,0	24,0	01:01:01	3,05	0,7	700	Com um consumo de 14 sacos percolou ao lado. OBTUROU
SR-04(OD)	25,5	264919,92	9572727,78	724,54		09/09/10	14:52	15:24	32	1,0	25,0	24,0	01:01:01	3,05	0,7	1.600	Com consumo de 32 sacos começou a percolar ao lado do furo. OBTUROU
SR-05(OD)	25,0	264909,66	9572721,84	724,42		07/09/10	15:45	15:49	4	1,0	25,0	24,0	01:01:01	3,05	0,7	2.000	Com um consumo de 40 sacos faltou cimento. O furo foi lavado.
SR-05(OD)						09/09/10	07:15	10:25	190	1,0	25,0	24,0	01:01:01	3,05	0,7	2.950	Com consumo de 59 sacos houve um problema mecanico, a injeção foi paralisada.
SR-05(OD)						09/09/10	14:25	14:40	15	1,0	25,0	24,0	01:01:01	3,05	0,7	2.500	Com um consumo de 50 sacos atingiu a pressão. OBTUROU .
SR-06(OD)	25,0	264898,13	9572717,63	724,35		07/09/10	15:12	15:44	32	1,0	25,0	24,0	01:01:01	3,05	0,7	1.700	Com consumo de 34 sacos percolou ao lado. OBTUROU
SR-07(OD)	25,0	264886,74	9572712,63	724,55		07/09/10	11:10	11:36	26	1,0	25,0	24,0	01:01:01	3,05	0,7	1.400	Com um consumo de 28 sacos atingiu a pressão. OBTUROU .
SR-08(OD)	25,0	264877,11	9572707,74	724,80		11/09/10	10:24	10:46	22	1,0	25,0	24,0	01:01:01	3,05	0,7	1.100	Com consumo de 22 sacos parou a injeção, faltou cimento. O furo foi lavado.
SR-08(OD)						17/09/10	08:10	09:00	50	1,0	25,0	24,0	01:01:01	3,05	0,7	1.500	Com um consumo de 30 sacos atingiu a pressão desejada. OBTUROU
SR-09(OD)	15,0	264865,34	9572702,89	724,75		11/09/10	07:55	09:14	79	1,0	15,0	14,0	01:01:01	3,05	0,7	2.950	Com consumo de 59 sacos atingiu a pressão desejada. OBTUROU
SR-10(OD)	22,0	264855,23	9572697,61	724,25		10/09/10	14:28	15:24	56	1,0	25,0	24,0	01:01:01	3,05	0,7	2.800	Com consumo de 56 sacos começou a comunicar ao lado. OBTUROU
SR-11(OD)	22,0	264843,74	9572693,02	723,09		18/10/10	10:05	11:38	93	1,0	20,0	19,0	01:01:01	2,8	0,7	1.850	com consumo de 37 sacos de cimento OBTUROU
SR-12(OD)	22,0	264833,64	9572688,07	721,78		17/09/10	09:10	09:43	33	1,0	22,0	21,0	01:01:01	3,05	0,7	500	Com consumo de 10 sacos atingiu a pressão desejada. OBTUROU
SR-13(OD)	22,0	264822,95	9572681,96	720,66		17/09/10	13:16	14:10	56	1,0	22,0	21,0	01:01:01	3,05	0,7	2.350	Com consumo de 47 sacos houve um problema mecanico, a injeção foi paralisada.
SR-13(OD)						18/09/10	08:15	11:23	188	1,0	22,0	21,0	01:01:01	2,9	0,7	3.000	Com um consumo de 60 sacos percolou a uma distancia de 5,20m. OBTUROU
SR-14(OD)	22,0	264811,42	9572677,87	720,50		25/09/10	16:12	17:10	58	1,0	22,0	21,0	01:01:01	2,8	0,7	1.750	Com um consumo de 35 sacos faltou cimento. O furo foi lavado.
SR-14(OD)						26/09/10	07:26	07:55	29	1,0	22,0	21,0	01:01:01	2,8	0,7	2.400	Com consumo de 49 sacos atingiu a pressão desejada. OBTUROU
SR-15(OD)	22,0	264801,14	9572672,30	720,64		26/09/10	07:59	08:28	29	1,0	22,0	21,0	01:01:01	2,8	0,7	1.100	Com um consumo de 22 sacos de cimento percolou ao lado. OBTUROU
SR-16(OD)	22,0	264790,38	9572667,64	720,55		20/09/10	08:30	09:14	44	1,0	22,0	21,0	01:01:01	2,8	0,7	1.200	Com um consumo de 24 sacos de cimento percolou ao lado. OBTUROU
SR-17(OD)	15,0	264779,43	9572662,84	720,01		26/09/10	09:23	12:27	184	1,0	15,0	14,0	01:01:01	2,8	0,7	4.900	Com um consumo de 98 sacos de cimento percolou pelo talude interno do sangradouro. OBTUROU
SR-17(OD)						27/09/10	08:12	09:18	56	1,0	15,0	14,0	01:01:01	2,8	0,7	1.600	Com um consumo de 32 sacos de cimento OBTUROU
SR-18(OD)	20,0	264768,74	9572658,39	720,11		28/09/10	09:22	11:58	156	1,0	20,0	19,0	01:01:01	2,8	0,7	6.850	Com consumo de 137 sacos houve um problema mecanico, a injeção foi paralisada.
SR-18(OD)						02/10/10	08:30	08:59	29	1,0	20,0	19,0	01:01:01	2,8	0,7	3.400	com consumo de 68 sacos de cimento OBTUROU
SR-19(OD)	20,0	264758,52	9572652,33	719,89		02/10/10	09:00	10:54	114	1,0	20,0	19,0	01:01:01	2,8	0,7	4.500	com consumo de 90 sacos de cimento OBTUROU
SR-20(OD)	20,0	264748,52	9572646,26	719,52		02/10/10	11:20	12:46	86	1,0	20,0	19,0	01:01:01	2,8	0,7	2.350	com consumo de 47 sacos de cimento OBTUROU
SR-21(OD)	20,0	264738,78	9572638,76	719,39		02/10/10	13:00	13:56	56	1,0	20,0	19,0	01:01:01	2,8	0,7	3.900	com consumo de 78 sacos de cimento OBTUROU
SR-22(OD)	20,0	264729,45	9572630,11	719,11		02/10/10	14:30	16:21	111	1,0	20,0	19,0	01:01:01	2,8	0,7	4.300	com consumo de 86 sacos de cimento OBTUROU
SR-23(OD)	20,0	264720,94	9572619,88	718,38		03/10/10	07:22	08:34	72	1,0	20,0	19,0	01:01:01	2,8	0,7	2.150	com consumo de 43 sacos de cimento OBTUROU
SR-24(OD)	20,0	264712,33	9572614,35	718,07		03/10/10	08:41	11:02	141	1,0	20,0	19,0	01:01:01	2,8	0,7	2.900	com consumo de 58 sacos de cimento OBTUROU
SR-25(OD)	20,0	264693,73	9572600,33	718,99		03/10/10	11:14	12:48	94	1,0	20,0	19,0	01:01:01	2,8	0,7	2.600	com consumo de 52 sacos de cimento OBTUROU
																78.050	

Tabela 14 - injeção de cimento - 4ª campanha (ombreira direita) (B)

CONTRATO Nº 04/SRH/ICE/2010 – PROJETO EXECUTIVO E DAS OBRAS PARA RECUPERAÇÃO DA BARRAGEM DO AÇUDE JABURU I - 2010																	
INJEÇÃO DE CIMENTO - 4ª CAMPANHA – OMBREIRA DIREITA (B)																	
Sondagem Nº (ØNX)	Prof. Perfurada (m)	coordenadas		Cota do Furo (m)	Prof. Do N.A. (m)	Data	Início (h)	Término (h)	Tempo de Injeção (min)	Trecho Injetado (m)			Traço Ág : Cim : areia	Pressão (kg/cm²)	Alt. Manômetro (kg/cm²)	Consumo de cimento (kg)	Observações
		Latitude	Longitude							Início	Término	Comprimento					
SR-26(OD)	25,0	264898,96	9572706,78	723,99		13/11/10	08:42	09:57	75	1,0	25,0	24,0	01:01:01	2,8	0,7	950	com consumo de 19 sacos de cimento OBTUROU
SR-27(OD)	25,0	264909,15	9572713,57	724,24		13/11/10	07:32	08:28	56	1,0	25,0	24,0	01:01:01	2,8	0,7	1.150	com consumo de 23 sacos de cimento OBTUROU
SR-28(OD)	25,0	264916,81	9572722,67	724,41		12/11/10	09:06	10:02	58	1,0	25,0	24,0	01:01:01	2,8	0,7	1.950	com consumo de 39 sacos de cimento OBTUROU
SR-29(OD)	25,5	264903,80	9572720,05	724,43		12/11/10	07:21	09:04	77	1,0	25,0	24,0	01:01:01	2,8	0,7	2.500	com consumo de 50 sacos de cimento NÃO OBTUROU , parou e foi preenchido com argamassa
SR-30(OD)	25,0	264892,36	9572715,54	724,47		12/11/10	13:30	04:48	78	1,0	25,0	24,0	01:01:01	2,8	0,7	1.600	com consumo de 32 sacos de cimento OBTUROU
SR-31(OD)	25,0	264881,17	9572710,28	724,65		12/11/10	10:15	13:00	165	1,0	25,0	24,0	01:01:01	2,8	0,7	1.300	com consumo de 26 sacos de cimento OBTUROU
SR-32(OD)	25,0	264872,12	9572705,69	724,83		13/11/10	15:14	16:29	75	1,0	25,0	24,0	01:01:01	2,8	0,7	700	com consumo de 14 sacos de cimento OBTUROU
SR-33(OD)	22,0	264860,51	9572700,66	724,64		12/11/10	09:06	09:18	12	1,0	22,0	21,0	01:01:01	2,8	0,7	250	Com consumo de 5 sacos de cimento OBTUROU
SR-34(OD)	22,0	264851,11	9572695,75	723,84		12/11/10	08:46	08:57	11	1,0	22,0	21,0	01:01:01	2,8	0,7	400	Com consumo de 8 sacos de cimento OBTUROU
SR-35(OD)	22,0	264838,41	9572689,65	722,22		12/11/10	08:22	08:41	29	1,0	22,0	21,0	01:01:01	2,8	0,7	1.100	Com consumo de 22 sacos de cimento OBTUROU
SR-36(OD)	22,0	264826,84	9572683,77	720,84		12/11/10	08:03	08:18	15	1,0	22,0	21,0	01:01:01	2,8	0,7	200	Com consumo de 4 sacos de cimento OBTUROU
SR-37(OD)	22,0	264817,43	9572679,96	720,43		12/11/10	07:44	07:56	12	1,0	22,0	21,0	01:01:01	2,8	0,7	150	com consumo de 3 sacos de cimento OBTUROU
SR-38(OD)	22,0	264807,00	9572676,15	720,56		11/11/10	10:04	10:32	28	1,0	22,0	21,0	01:01:01	2,8	0,7	1.400	com consumo de 28 sacos de cimento não deu pressão
SR-38(OD)						12/11/10	07:08	07:32	24	1,0	22,0	21,0	01:01:01	2,8	0,7	850	com consumo de 17 sacos de cimento OBTUROU
SR-39(OD)	22,0	264796,95	9572669,56	720,64		11/11/10	09:49	10:03	14	1,0	22,0	21,0	01:01:01	2,8	0,7	400	Com consumo de 8 sacos de cimento OBTUROU
SR-40(OD)	22,0	264784,53	9572665,23	720,34		11/11/10	09:42	09:47	5	1,0	22,0	21,0	01:01:01	2,8	0,7	100	com consumo de 2 sacos de cimento OBTUROU
SR-41(OD)	20,0	264775,10	9572658,93	719,81		11/11/10	07:15	09:38	143	1,0	20,0	19,0	01:01:01	2,8	0,7	4.300	com consumo de 86 sacos de cimento OBTUROU
SR-42(OD)	20,0	264763,25	9572654,25	719,87		10/11/10	13:35	14:30	65	1,0	20,0	19,0	01:01:01	2,8	0,7	350	com consumo de 7 sacos de cimento OBTUROU
SR-43(OD)	20,0	264753,41	9572649,38	719,87		10/11/10	13:08	13:22	14	1,0	20,0	19,0	01:01:01	2,8	0,7	450	com consumo de 9 sacos de cimento OBTUROU
SR-44(OD)	20,0	264743,65	9572642,93	719,59		09/11/10	10:05	11:58	115	1,0	20,0	19,0	01:01:01	2,8	0,7	4.400	com consumo de 88 sacos de cimento OBTUROU
SR-45(OD)	20,0	264734,66	9572635,82	719,49		09/11/10	09:30	10:04	34	1,0	20,0	19,0	01:01:01	2,8	0,7	1.700	com consumo de 34 sacos de cimento OBTUROU
SR-46(OD)	20,0	264722,75	9572626,74	720,01		09/11/10	08:43	09:29	46	1,0	20,0	19,0	01:01:01	2,8	0,7	2.950	com consumo de 59 sacos de cimento OBTUROU
SR-47(OD)	20,0	264715,91	9572616,14	418,32		09/11/10	08:14	08:41	27	1,0	20,0	19,0	01:01:01	2,8	0,7	1.800	com consumo de 36 sacos de cimento OBTUROU
SR-48(OD)	20,0	264708,04	9572611,10	718,25		07/11/10	07:18	08:13	55	1,0	20,0	19,0	01:01:01	2,8	0,7	2.400	com consumo de 48 sacos de cimento OBTUROU
																33.350	

Os canais do sangradouro (aproximação e restituição), geologicamente como toda a região, compreende um pacote de arenito geralmente fino, associado a siltitos e folhelhos, finamente estratificado, friável e quase sempre pouco consistente, de cor cinza claro amarelado e, às vezes, vermelho ferruginoso ou cinza escuro formando paredões verticais. Durante as quadras invernosas esta formação sedimentar é intensamente castigada por acentuado processo erosivo.

Como é observado através dos registros fotográficos a seguir, durante o inverno de 2009 o canal de restituição foi bastante afetado, fazendo evoluir consideravelmente a erosão regressiva. No canal de aproximação, como descrito anteriormente, neste relatório, foi recuperado durante a 4ª Intervenção tendo sido providenciado obturações das cavidades e sumidouros.



Figura 34 - canal de restituição em Jan de 2009



Figura 33 - canal de restituição em Dez de 2009



Figura 36 - outra vista do canal de restituição



Figura 35 - vista frontal da erosão não canal de restituição

Com o objetivo de identificar o substrato, abaixo do terreno natural, do canal do sangradouro foi programada uma campanha de sondagens, cujo resultados subsidiará os estudos para execução de um projeto preliminar da recuperação do sangradouro.

Foi realizada uma bateria de investigações composta por 33 sondagens rotativas, tendo sido realizadas 24 sondagens a jusante da estrutura vertente (Creager) e 9 sondagens no canal de aproximação, a montante da laje de concreto executada na 4ª intervenção. Foi observado que as sondagens executadas até um raio de 15 m a jusante do Creager não perdeu água durante a perfuração (SR-1, SR-2, SR-3 SR-4 e SR-8), confirmando desta forma, que esta área foi injetada no período da construção. Restos de hastes de perfuração e vestígios de cimento também comprovam os serviços anteriormente realizados. Todas as demais sondagens realizadas, tanto no canal de aproximação a montante da laje, como no canal de restituição a cerca de 15 metros a jusante da estrutura vertedoura, tiveram perda d'água total durante a perfuração.

O percentual de recuperação dos testemunhos de sondagens foram muito baixos a nulos, com exceção de alguns furos executados a jusante da passagem molhada.

Face ao cenário apresentado da fundação do canal sangradouro, através da campanha de investigações, e levando em consideração que durante os períodos de vertimentos o fluxo penetra em sumidouros, não chegando a fluir pelo canal e desaguando normalmente, considerou-se pertinente proceder o tratamento da fundação, através da injeção de calda de cimento. Esta intervenção objetiva reduzir a infiltração da água nos sumidouros existentes no substrato rochoso, formado por um arenito fortemente laminado com intercalações de siltitos.

Conforme dados registrados nas Tabelas 15 e 16 a seguir, foi injetado um total de 115.150,0 kg de cimento, sendo que na SR-06 foi injetado 31.400 kg de cimento e não obturou, concluindo-se desta forma, a existência de uma pequena caverna nesta área. A SR-07 com fica logo a jusante da SR-06, e portanto, possivelmente nas proximidades da suposta caverna, optou-se por fazer a obturação do furo com concreto magro, o qual consumiu cerca de 10 m³. Ressalta-se que durante todo o processo de injetamento foi monitorado, a possível comunicação da calda a jusante e nas laterais do canal e não detectou-se nenhum vestígio da calda injetada.

Foi identificado a jusante da SR-11, a existência de uma pequena caverna, na qual foi realizada uma limpeza e pode-se estimar uma profundidade de aproximadamente 5,0 metros. Como não havia mais disponibilidade de cimento na planilha orçamentária, referente ao atual contrato, e ainda restava cerca de 15.000 kg de asfalto (CAP 50), considerou-se viável tentar obturar esta cavidade com este volume restante de asfalto. Foi colocado por gravidade, os 15.000 kg de asfalto e visualmente não foi percebido nenhuma mudança, como também, não foi identificado nenhum ponto comunicante a jusante. A cavidade foi obturada com concreto magro. Analisando os resultados, das investigações e das cortinas de injeções realizadas percebe-se a intensa desagregação e vulnerabilidade do substrato arenítico.

No registro fotográfico a seguir, é mostrado as etapas dos serviços realizados no canal do sangradouro.

Tabela 15 - injeção de cimento - 5ª campanha - sangradouro

CONTRATO Nº 04/SRH/CE/2010 – PROJETO EXECUTIVO E DAS OBRAS PARA RECUPERAÇÃO DA BARRAGEM DO AÇUDE JABURU I - 2010																	
INJEÇÃO DE CIMENTO - 5ª CAMPANHA – SANGRADOURO																	
Sondagem Nº (ONX)	Prof. Perfurada (m)	coordenadas		Cota do furo (m)	Prof. Do N.A (m)	Data	Início (h)	Término (h)	Tempo de Injeção (min)	Trecho Injetado (m)			Traço Ág : Cim : areia	Pressão (kg/cm²)	Alt. Manômetro (kg/cm²)	Consumo de cimento (kg)	Observações
		Latitude	Longitude							Início	Término	Comprimento					
SR-01	20,0	264584,76	9572538,31	715,40		11/10/10	07:20	08:27	67	1,0	20,0	19,0	01:01:01	2,8	0,7	1.800	Com um consumo de 36 sacos OBTUROU
SR-02	20,0	264572,11	9572537,55	715,77		11/10/10	08:30	09:16	46	1,0	20,0	19,0	01:01:01	2,8	0,7	1.350	Com um consumo de 27 sacos OBTUROU
SR-03	20,0	264582,43	9572525,85	715,64		11/10/10	09:20	10:20	60	1,0	20,0	19,0	01:01:01	2,8	0,7	1.400	Com um consumo de 28 sacos OBTUROU
SR-04	20,0	264568,04	9572511,47	715,47		11/10/10	10:06	11:58	54	1,0	20,0	19,0	01:01:01	2,8	0,7	1.700	Com consumo de 34 sacos OBTUROU
SR-05	20,0	264553,90	9572496,98	715,18		11/10/10	11:03	12:18	75	1,0	20,0	19,0	01:01:01	2,8	0,7	1.950	Com um consumo de 39 sacos OBTUROU .
SR-06	20,0	264542,24	9572479,84	715,20		13/10/10	15:05	17:40	215	1,0	20,0	19,0	01:01:01	2,8	0,7	3.900	com consumo de 78 sacos não atingiu pressão
SR-06						14/10/10	07:02	11:32	270	1,0	20,0	19,0	01:01:01	2,8	0,7	7.100	com consumo de 142 sacos de cimento ainda não pegou pressão
SR-06						14/10/10	13:26	16:53	207	1,0	20,0	19,0	01:01:01	2,8	0,7	6.950	com consumo de 139 sacos não deu pressão
SR-06						15/10/10	11:30			1,0	20,0	19,0	01:01:01	2,8	0,7	9.300	com consumo de 186 sacos não deu pressão
SR-06						15/10/10	13:40	15:29	109	1,0	20,0	19,0	01:01:01	2,8	0,7	1.650	com consumo de 33 sacos não deu pressão
SR-06						16/10/10	08:15	11:12	177	1,0	20,0	19,0	01:01:01	2,8	0,7	2.500	com consumo de 50 sacos não atingiu pressão
SR-07	20,0	264536,96	9572472,24	715,36						1,0			01:01:01				Não foi injetado, localizado nas proximidades de um caverna
SR-08	20,0	264570,20	9572524,33	715,52		11/10/10	13:56	14:52	56	1,0	20,0	19,0	01:01:01	2,8	0,7	1.950	Com consumo de 39 sacos OBTUROU
SR-09	20,0	264556,13	9572510,08	715,50		11/10/10	12:21	12:59	38	1,0	20,0	19,0	01:01:01	2,8	0,7	1.300	Com consumo de 26 sacos OBTUROU
SR-10	20,0	264543,81	9572494,50	715,38		12/10/10	07:00	09:13	133	1,0	20,0	19,0	01:01:01	2,8	0,7	1.400	com consumo de 28 sacos não atingiu a pressão, o furo foi lavado e continuou no dia seguinte
SR-10						13/10/10	08:29	10:30	121	1,0	20,0	19,0	01:01:01	2,8	0,7	2.300	com consumo de 46 sacos de cimento OBTUROU
SR-11	20,0	264529,18	9572478,16	715,56		18/10/10	14:32	16:23	111	1,0	20,0	19,0	01:01:01	2,8	0,7	6.500	com consumo de 130 sacos de cimento não obturou
SR-11						19/10/10	09:40	11:14	94	1,0	20,0	19,0	01:01:01	2,8	0,7	2.800	com consumo de 56 sacos de cimento não obturou
SR-11						19/10/10	14:36	15:59	83	1,0	20,0	19,0	01:01:01	2,8	0,7	1.400	com consumo de 28 sacos de cimento OBTUROU
SR-12	20,0	264557,88	9572522,75	715,75		27/10/10	14:10	16:23	133	1,0	20,0	19,0	01:01:01	2,8	0,7	5.900	com consumo de 118 sacos de cimento OBTUROU
SR-13	20,0	264543,49	9572512,59	715,87		28/10/10	10:19	11:43	84	1,0	20,0	19,0	01:01:01	2,8	0,7	3.400	com consumo de 68 sacos de cimento NÃO OBTUROU
SR-13						28/10/10	13:30	15:25	115	1,0	20,0	19,0	01:01:01	2,8	0,7	3.950	com consumo de 79 sacos não atingiu pressão
SR-13						29/10/10	13:20	17:42	262	1,0	20,0	19,0	01:01:01	2,8	0,7	9.000	com consumo de 180 sacos não atingiu pressão
SR-13						03/11/10	08:20	11:56	216	1,0	20,0	19,0	01:01:01	2,8	0,7	7.350	com consumo de 147 sacos OBTUROU

Tabela 16 - injeção de cimento - 5ª campanha - sangradouro

CONTRATO Nº 04/SRH/CE/2010 – PROJETO EXECUTIVO E DAS OBRAS PARA RECUPERAÇÃO DA BARRAGEM DO AÇUDE JABURU I - 2010																	
INJEÇÃO DE CIMENTO - 5ª CAMPANHA – SANGRADOURO																	
Sondagem Nº (DNX)	Prof. Perfurada (m)	coordenadas		Cota do furo (m)	Prof. Do N.A (m)	Data	Início (h)	Término (h)	Tempo de Injeção (min)	Trecho Injetado (m)			Traço Ág. : Cim : areia	Pressão (kg/cm²)	Alt. Manômetro (kg/cm²)	Consumo de cimento (kg)	Observações
		Latitude	Longitude							Início	Término	Comprimento					
SR-14	20,0	264528,79	9572496,81	715,99		03/11/10	15:15	17:12	117	1,0	20,0	19,0	01:01:01	2,8	0,7	3.950	com consumo de 79 sacos não atingiu pressão
SR-14						04/11/01	08:30	10:14	104	1,0	20,0	19,0	01:01:01	2,8	0,7	3.550	com consumo de 71 sacos NÃO OBTUTOU
SR-15	20,0	264514,54	9572483,54	715,85						1,0			01:01:01				Não foi injetado, somente preenchido com concreto
SR-16	20,0	264517,29	9572460,40	715,10						1,0			01:01:01				Não foi injetado, somente preenchido com concreto
SR-17	20,0	264500,61	9572461,40	715,19						1,0			01:01:01				Não foi injetado, somente preenchido com concreto
SR-18	20,0	264531,27	9572454,03	714,98						1,0			01:01:01				Não foi injetado, somente preenchido com concreto
SR-19	20,0	264529,52	9572441,30	714,35						1,0			01:01:01				Não foi injetado, somente preenchido com concreto
SR-20	20,0	264511,29	9572450,90	714,81						1,0			01:01:01				Não foi injetado, somente preenchido com concreto
SR-21	20,0	264502,44	9572434,76	712,64						1,0			01:01:01				Não foi injetado, somente preenchido com concreto
SR-22	20,0	264497,42	9572453,82	714,71						1,0			01:01:01				Não foi injetado, somente preenchido com concreto
SR-23	15,0	264491,27	9572435,56	710,86						1,0			01:01:01				Não foi injetado, somente preenchido com concreto
SR-24	15,0	264496,55	9572418,74	709,92						1,0			01:01:01				Não foi injetado, somente preenchido com concreto
SR-25	20,0	264636,54	9572582,40	715,50		05/11/10	10:26	11:15	49	1,0	20,0	19,0	01:01:01	2,8	0,7	3.900	com consumo de 78 sacos de cimento não atingiu pressão
SR-25						06/11/10	14:05	14:52	47	1,0	20,0	19,0	01:01:01	2,8	0,7	2.000	com consumo de 40 sacos OBTUROU
SR-26	20,0	264633,42	9572586,84	715,46		05/11/10	10:17	11:26	69	1,0	20,0	19,0	01:01:01	2,8	0,7	150	com consumo de 3 sacos de cimento OBTUROU
SR-27	20,0	264630,32	9572591,21	715,58		05/11/10	10:05	10:15	10	1,0	20,0	19,0	01:01:01	2,8	0,7	250	com consumo de 5 sacos de cimento OBTUROU
SR-28	20,0	264639,38	9572578,85	715,67		05/11/10	15:00	17:44	164	1,0	20,0	19,0	01:01:01	2,8	0,7	4.900	com consumo de 98 sacos de cimento OBTUROU
SR-29	20,0	264642,50	9572574,79	715,42		06/11/10	07:28	10:14	171	1,0	20,0	19,0	01:01:01	2,8	0,7	4.700	com consumo de 94 sacos de cimento OBTUROU
SR-30	20,0	264799,54	9572694,02	715,45									01:01:01			100	com consumo de 2 sacos OBTUROU
SR-31	20,0	264811,88	9572700,41	715,53									01:01:01			750	com consumo de 15 sacos OBTUROU
SR-32	15,5	264803,44	9572703,50	715,54		19/11/10	13:20	15:18	118	1,0	20,0	19,0	01:01:01	2,8	0,7	3.350	com consumo de 67 sacos OBTUROU
SR-33	20,0	264790,39	9572705,76	715,44									01:01:01			700	com consumo de 14 sacos OBTUROU



Figura 38 - execução de sondagens no canal de restituição



Figura 37 - testemunhos de sondagens do canal do sangradouro



Figura 39 - preparação da área para colocação do concreto magro



Figura 40 - limpeza da caverna no canal de restituição do sangradouro

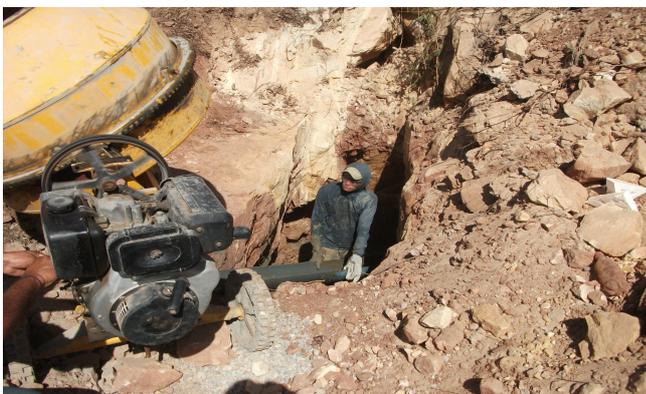


Figura 41 - colocação do concreto na caverna



Figura 42 - colocação do asfalto em outra caverna

A Figura 43 mostra as áreas onde foram realizados os tratamentos em 2010, 5ª intervenção.

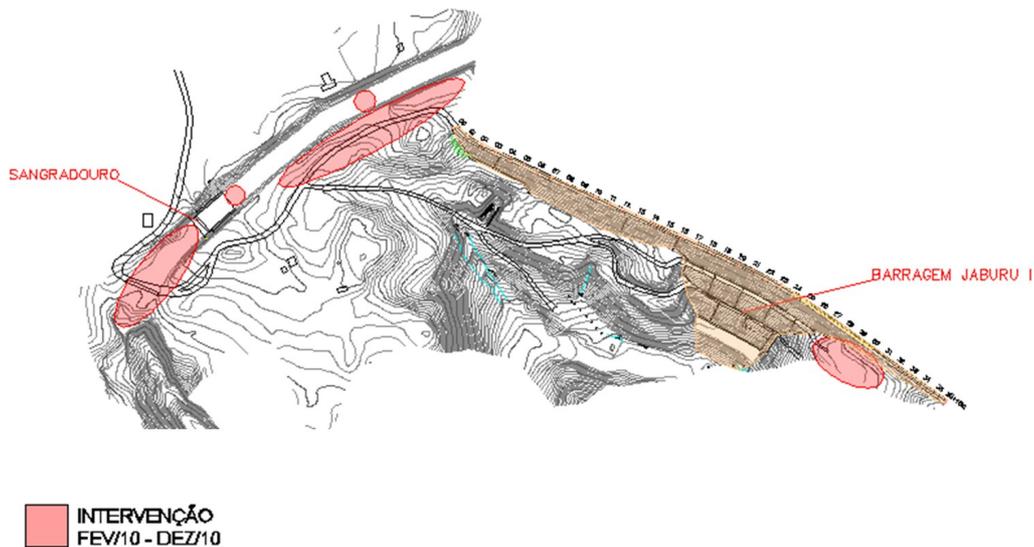


Figura 43 - locais onde foram realizados os tratamentos da fundação

Nesta Intervenção foram executados 144 furos através de sondagem rotativa de diâmetro NX, totalizando 3.257,4 metros de rocha perfurada. Os furos executados foram obturados com injeção de argamassa e asfalto, totalizando 913,5 toneladas de argamassa, ou seja, 6.090 sacos de cimento e 58,2 toneladas de cimento asfáltico CAP-50.

Nos **Anexos 1-1, 1-2 e 1-3** é mostrado a locação de todas as sondagens realizadas nesta intervenção e no **Anexo 2** tem-se a localização dos tratamentos da fundação realizados nas cinco intervenções.

No **Tomo II – Boletins das Sondagens**, se encontram as fichas de descrição individual das sondagens executadas nas quais constam: descrição individual das sondagens, total perfurado, total recuperado em percentagem e numero de peças.

2.3 Drenagem de novas surgências

Durante o período da atual intervenção, foi identificada em vários locais ao longo do pé da barragem a presença de revências. Desta forma, foram realizadas ações, como a execução de valas drenantes e medidores de vazão, tendo com objetivo monitorar estas surgências localizadas d'água.

Somados aos oitos medidores de vazão existentes foram construídos mais três. Os dois primeiros medidores de vazão 10 e 11, composto por uma caixa com duas células, tem como objetivo captar as águas que eram drenadas para o medidor 08, que foi danificado pelo deslizamento de um bloco de rocha em janeiro de 2007. Estes medidores captam as água provenientes da revência localizada na ombreira esquerda e em seguida canaliza para o medidor de vazão 07. A segunda caixa (medidor 12) foi construída na parte central da barragem, próximo ao medidor 05 existente, tendo em vista a existência de pontos difusos de vazões sem controle de medição. Na Figura 44 é mostrado os locais onde foram construídos as caixas medidoras de vazão.

Uma surgência existente no pé do morro, a jusante do medidor de vazão 04, o qual esta localizado, em linha reta, na altura da estaca 15 foi drenada para o medidor de vazão 05. Esta vazão antes desta intervenção seguia descontrolada pelo pé do morro.

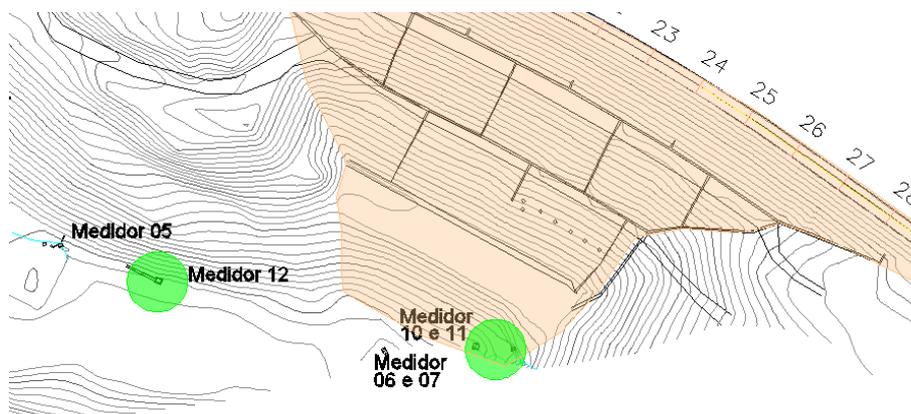


Figura 44 - locais onde foram construídas as caixas medidoras de vazão

Nas fotos a seguir, são apresentadas as caixas medidoras de vazão construídas e a drenagem para captação da água.



Figura 45 - vista da caixa medidora de vazão V-10 e V-11



Figura 46 - detalhe da execução da caixa medidora de vazão V-12



Figura 47 - escavação da vala da drenagem para os medidores de vazão V-10 e V-11



Figura 48 - execução da drenagem do medidor de vazão V-12



Figura 49 - execução da drenagem da surgência para o medidor de vazão V-05

2.4 Estabilização dos taludes da tomada d'água

Os taludes das ombreiras da tomada d'água, a jusante do aterro do vale secundário, onde está instalada a tomada de água, são praticamente verticais, pouco estáveis e constituídos por alternâncias de níveis de arenito de diferentes resistências à erosão, daí resultando uma evolução dos taludes por efeito da erosão e da constante queda de pequenos blocos. As Fotos a seguir mostram a configuração da região da tomada d'água, antes dos serviços realizados na presente intervenção.



Figura 50 - vista dos taludes da tomada d'água antes dos serviços de estabilização das ombreiras



Figura 51 - vista localizada do talude esquerdo da tomada d'água antes dos serviços de estabilização

Desta forma, foi executado um trabalho de estabilização dos taludes, consistindo num taludamento mais suave, com inclinação aproximadamente de 1:1 (h:v). As Fotos a seguir mostram os detalhes da execução dos cortes nos taludes.



Figura 52 - detalhe da execução da estabilização dos taludes



Figura 53 - outro detalhe da estabilização dos taludes



Figura 54 - taludes da tomada d'água após a estabilização dos taludes

Após realizado o serviço de cortes nos taludes da tomada d'água, os mesmos foram revestidos com grama para evitar e/ou barrar processos de erosões que surgem geralmente após as quadras invernosas. Também foram construídos calhas ao longo dos taludes, para realizar drenagem da água pluvial, e implantada cerca com estaca de concreto em volta da área recuperada.

A seguir será mostrado os detalhes da recuperação na tomada d'água.



Figura 55 - vista da tomada d'água após conclusão do serviço



Figura 56 - outra vista da tomada d'água

Além dos serviços de estabilização, também foram realizadas manutenção da estrutura da tomada d'água e recuperação da drenagem da caixa de válvulas e escadas de acesso ao coroamento da barragem.

2.5 Levantamentos topográficos da barragem e sangradouro e topobatimétrico do reservatório

Tendo em vista a necessidade da materialização topográfica das investigações executadas para o tratamento da fundação e dos novos medidores de vazão, constatou-se a deficiência ou inexistências, em algumas áreas a jusante da barragem de levantamento topográfico. Com o objetivo de corrigir estas falhas, foi realizado no âmbito do atual contrato, o levantamento topográfico de toda área de jusante da barragem a partir do coroamento, assim como, da região do vertedouro.

Foi constatado neste levantamento, divergências de cotas com os desenhos existentes, ou seja, de projeto (1982), dos trabalhos realizados pela COBA (1999) e dos apresentados no Plano de Operação e Manutenção do Sistema de Água Bruta do Estado do Ceará (2008).

Devido a constatação destas divergências, foram mobilizados técnicos da GESIN a campo para conferência dos resultados de cotas, tendo sido obtido um resultado compatível ao levantamento planialtimétrico cadastral, então, realizado pela GEO Topografia e Mapeamento LTDA.

Após a confirmação das inconsistências dos dados existentes com os atualmente levantados, com relação às cotas absolutas do coroamento da barragem e vertedouro, foi realizada a conferência com relação à altura da barragem e a capacidade de armazenamento, com a realização do levantamento batimétrico, pela Gerência de Desenvolvimento Operacional da COGERH.

No **Tomo IV** – Levantamentos Topográficos da Barragem e Topobatimétrico do Reservatório; Jaburu I estão detalhados todos os serviços realizados.

2.6 Estudos Hidrológicos

No âmbito do contrato 004/SRH/2010, foi constatado inconsistência no projeto da construção do açude Jaburu I, conforme relatado no item acima, implicando na redução da capacidade de armazenamento do reservatório, fator este importante tanto no dimensionamento do vertedouro, assim como na determinação da vazão regularizada.

Nos Levantamentos planialtimétricos cadastrais em conjunto com levantamentos batimétricos, realizados durante os estudos atuais, comprovou-se, que a real altura da Barragem Jaburu I apresenta-se cerca de 6,0 m menos do que se tinha documentado nos desenhos “*As Built*” do P.O.M (2008) como também, nos documentos do projeto executivo (1982) e dos estudos da COBA realizados entre 1999 e 2004. Desta forma, o volume de acumulação máxima do reservatório Jaburu I foi reduzido a aproximadamente 138 hm³, 71 hm³ menos que o valor outrora registrado (210 hm³).

Com este novo quadro, foi necessário a verificação do dimensionamento do vertedouro, haja vista a alteração na capacidade de atenuação da cheia pelo reservatório, implicando na diferença entre a vazão calculada de projeto e a real vazão escoada pelo vertedouro.

Além do problema do vertedouro, faz-se necessária a verificação de cálculo da vazão regularizada com garantia de 90% de atendimento, uma vez que, assim como no cálculo do vertedouro, foi utilizado um diagrama cota x área x volume o qual não corresponde à real situação do reservatório Jaburu I.

A seguir tem-se a descrição da ficha técnica do Açude Jaburu I após a realização dos levantamentos topográficos/topobatimétricos e estudos hidrológicos.

• Município;	Tianguá-CE
• Riacho Barrado:	Rio Jaburu
• Bacia Hidrográfica:	314 km ²
• Área da Bacia Hidráulica:	941 ha (cota 716,38)
• Volume do Reservatório	138.127.743,94 m ³
• Cota do coroamento da barragem:	720,20
• Vazão regularizada (garantia de 90%)	2,39 m ³ /s
• Volume anual regularizado (garantia de 90%)	150,74 hm ³ /ano
• Vazão afluente máx de projeto (TR=1.000 anos)	1.170,3 m ³ /s (COGERH,2011)
• Vazão máx de projeto amortecida (TR=1.000 anos)	207 m ³ /s (COGERH,2011)
• Vazão afluente máx de projeto (TR=10.000 anos)	1.295,4 m ³ /s (COGERH,2011)
• Vazão máx de projeto amortecida (TR=10.000 anos)	239,7m ³ /s (COGERH,2011)
• Nível d'água max. Maximorum (TR=1.000 anos)	724,65
• Nível d'água máximo normal	716,38
• Tipo de barragem	Terra zoneada
• Altura máxima com fundação (após recuperação)	46,00 m
• Extensão pelo coroamento	770,00 m
• SANGRADOURO	
• Tipo	Canal com soleira do tipo "Low-ogee"
• Largura	25,00 m
• Canal de aproximação	450,00 m
• Canal de descarga	100,00 m
• Cota da soleira	716,38 m
• TOMADA D'ÁGUA	
• Tipo	galeria com controle a jusante
• Diâmetro	600 mm

No **Tomo V** – Estudos Hidrológicos da barragem Jaburu I estão detalhados estes estudos.

2.7 Mapeamento das Zonas de Inundação pela Ruptura da barragem Jaburu I

A COGERH, em antecipação às implicações legais, vem implementando estudos de modelagem para eventos extremos, como essencial para implantação de metodologias de gestão de riscos induzidos por ruptura de barragens com vistas à criação de sistemas de segurança, e um SIG (Sistema de Informações Geográficas) avançado permitindo o traçado das zonas inundáveis, no âmbito dos danos causados pela inundação.

No **Tomo VI** – Mapeamento das Zonas de Inundação pela Ruptura da barragem Jaburu I mostram os resultados das análises hidrodinâmicas efetuadas, no sentido de avaliar as implicações que poderiam advir de uma eventual ruptura e, conseqüente, formação de uma onda de cheia artificial que se propagaria rapidamente para jusante.

2.8 Anteprojeto da recuperação do sangradouro

No âmbito do contrato 004/SRH/2010, foi desenvolvido o anteprojeto das obras e serviços de recuperação/tratamento do vertedouro da barragem, em decorrência dos processos erosivos desenvolvidos em seus canais de aproximação e restituição, sobretudo nos últimos anos.

No **Tomo VII** – Anteprojeto da Recuperação do Vertedouro se encontram os desenhos e estimativas das quantidades dos serviços e obras que servirão de subsídio no procedimento administrativo de encaminhamento da provisão orçamentária, visando os processos licitatórios referentes à elaboração de projeto executivo, à execução de investigações complementares e à própria execução e supervisão das obras e serviços técnicos em questão.

ANEXOS

Paulo Teixeira da Cruz
Rua Haddock Lobo, 1663 Apto. 182
CEP: 01.414-003 - São Paulo-SP
Fone: (011) 3088.5392 – 3083.2435
FAX: (011) 3088.5392
e-mail: ptcruz@terra.com.br

José Nilson Bezerra Campos
Rua Pe. Antonio Tomaz, 3646 Aptº 1200
CEP: 60.190-02 – Fortaleza - CE
Fone (085) 3262-7313
e-mail: nilson@ufc.br

Roneí Vieira de Carvalho
Rua Orestes Barbosa, 386/201
CEP: 21.940-375 – Rio de Janeiro – RJ
Fone: (021) 3393.7424
e-mail: roneicarvalho@yahoo.com.br

59ª REUNIÃO DO PAINEL DE INSPEÇÃO E SEGURANÇA DE BARRAGENS

U.G.P.E./SRH-CE

Junho de 2009

Fortaleza, 29 de junho de 2009

Exmo. Sr.

Eng.º Francisco José Teixeira

Diretor Presidente da COGERH

Por solicitação da COGERH, o Painel de Inspeção e Segurança de Barragens (PISB) reuniu-se nos dias 27 e 28 de junho, sua 59ª Reunião. O consultor Roneí Carvalho chegou a Fortaleza na tarde do dia 26 e seguiu viagem até Granja, inspecionando a barragem Gangorra no percurso, onde se encontrou com o consultor Paulo Cruz.

Na manhã do dia 27 seguiram viagem para a barragem Itaúna onde inspecionaram a obra em companhia do Dr. Ricardo Adeodato, Diretor de Operações da COGERH, Engº Rosiel e Geóloga Lucrecia Nogueira, também da COGERH. Após esta inspeção seguiram viagem até a barragem Jaburu I, onde chegaram no final da tarde em vista do péssimo estado de conservação de alguns trechos das estradas, afetadas pelo longo período de chuvas deste ano.

No dia 28 retornaram a Fortaleza, tendo o consultor Roneí Carvalho retornado a sua cidade de origem no final da tarde.

Este relatório foi escrito no dia 29 pelo consultor Paulo Cruz e completado pelo consultor Roneí Carvalho no dia 30.

A lista dos documentos apresentados ao Painel consta do Anexo I A lista dos participantes da reunião consta do Anexo II.

Este relatório segue a itemização abaixo:

- Barragem Gangorra;
- Barragem Itaúna;
- Barragem Jaburu I.

3 – BARRAGEM JABURU I

A visita de inspeção à barragem Jaburu I ocorreu no final da tarde do dia 27/06 em vista das precárias condições em que se encontram algumas das estradas de acesso ao local da obra.

Mesmo assim foi possível inspecionar a área do vertedouro e a área a jusante da barragem. Das inspeções participaram a Geol. Lucrecia Nogueira e o Engº Rosiel ambos da COGERH.

3.1 – VERTEDOURO

Durante a visita, o vertedouro estava operando, com uma lâmina sobre a soleira Creager de 0,20m aproximadamente.

A montante dessa soleira, em três pontos do canal vertedouro, foi possível observar-se na superfície d'água a ocorrência de vórtices incipientes, intermitentes, de pequena magnitude. Tais vórtices, provavelmente, são geradas por fugas d'água pelo fundo do canal, à semelhança do ocorrido no passado e que exigiu preenchimento das passagens de água e a execução de concretagem localizadas, de impermeabilização.

Após o período de vertimento e quando o nível do reservatório situar-se abaixo da cota de fundo do canal, deverá ser feita inspeção cuidadosa, visando localizar e identificar as características dos referidos pontos de passagem de água, de modo a permitir a definição das providencias relativas á sua vedação que, provavelmente, envolverão a sua obturação e a execução de laje de vedação.

3.2 – BARRAGEM

Percorrendo-se a área de jusante da barragem pode-se observar um fluxo de água proveniente da ombreira adjacente ao lado esquerdo do vertedouro. Esta vazão é conduzida por drenagem superficial ao medidor de vazão V-9; A última leitura de vazão que nos foi fornecida era de dia 03/06 no valor de 3,51 litros/segundo.

Avançando na direção do pé da barragem não se observa fluxo em superfície e nem nos taludes. Próximo à área de jusante da Tomada de Água encontram-se os medidores de vazão V-1, V-2 e V-3 que coletam as águas que percolam pela barragem e sua fundação no trecho da ombreira direita entre as estacas 8 e 20. A jusante dos V-1 e V-2 encontra-se o V-3. As vazões lidas em 03/06/09 eram de 0,49; 2,97 e 3,71 litros/segundo.

—

Prosseguindo na inspeção pelas bermas e pelo pé da barragem no trecho do leito do rio não se observou nenhum indicio de fluxo, seja pelo talude, seja no pé da barragem. Neste local encontram-se os medidores de vazão V-6 e V-7 que coletam as águas de percolação do trecho da barragem no leito do rio entre as estacas 24 e 40. As vazões registradas em 03/06/09 eram de 0,90 e 3,33 litros/segundo.

O medidor de vazão V-8 que coleta as águas da ombreira esquerda foi destruído por ocasião de um escorregamento da ombreira em janeiro de 2007 e que não foi consertado desde aquela data.

A percolação pela ombreira é visível na área escorregada, mas pela falta de medidor não se tem registro desta vazão.

Pela inspeção realizada pode-se concluir que o comportamento da barragem é favorável, que os medidores de vazão estão funcionando e que é urgente reinstalar o V-8 para se poder avaliar a vazão pela parte alta da ombreira esquerda da barragem.

QUESTÕES A SEREM ESCLARECIDAS

Para uma análise mais aprimorada das vazões de percolação que ocorrem pelas ombreiras e pela barragem e sua fundação alguns itens devem ser esclarecidos, considerando detalhes do projeto e as leituras dos medidores de vazão.

A primeira questão refere-se a que trecho da barragem provem as águas percoladas. Um segundo ponto é separar águas percoladas pela fundação e pela barragem, das águas que percolam pelas ombreiras. Feita esta separação será possível relacionar as vazões medidas com o N.A do reservatório.

Um caso curioso é o do V-9, que coleta as águas da ombreira esquerda ao vertedouro. Entre 02/01/2006 e 15/05/2008 o V-9 permaneceu seco, ou seja, sem medida de vazão.

Num período semelhante não ocorreu vertimento no vertedor que só começou a vaziar em 05/05/2008 10 dias depois o V-9 foi ativado. O vertedor continuou operando até 23/06/2008, mas o V-9 continuou a dar vazão até 07/11/2008 com uma defasagem de 4 meses e meio.

O problema se repete em 08/04/2009, 3 dias após o inicio do vertimento em 03/04. No dia da visita continuava o vertimento e o V-9 continua ativo.

Um gráfico relacionando o NA do reservatório com as vazões medidas no V-9 poderia incrementar esta informação.

Um outro gráfico relacionando as vazões medidas no V-8 (ombreira esquerda) com o NA do reservatório poderá verificar como variam as vazões com o NA.

Finalmente é interessante relacionar a vazão total pela barragem e sua fundação com o NA do reservatório e mesmo a vazão por trecho de barragem com o NA.

Pelos dados disponíveis a vazão pela barragem e sua fundação deve ser da ordem de 12 a 16 litros/segundo, variável com o NA.

Considerando um trecho da barragem de 600 m de comprimento chega-se a vazões entre 1,2 l/mim/m e 1,6 l/mim/m compatível com valores de vazão medidas em outras barragens de terra e terra-enrocamento.

Aspecto importante a ser também analisado é uma possível variação da vazão no tempo, ou seja, analisar se a vazão varia no tempo para um mesmo NA de montante.

Uma análise rápida dos NA do reservatório entre 2006 e 2009, mostra que a oscilação do NA foi de cerca de 4,0m (719,44 a 723,35). Nessas datas a vazão dos V-1 até V-7 somou 9,12 l/s e 14,51 l/s. Nas mesmas datas as vazões do V-9 foram 0,0 e 0,0. O V-9 só começou a verter 2 dias depois e só alcançou a vazão máxima de 1,77 l/s um mês e meio depois,.

Estas questões devem ser esclarecidas e fornecidas para uma nova análise à qual devem ser acrescentados os dados das leituras dos piezômetros.

Atenciosamente,

Painel de Inspeção e Segurança de Barragens da SRH -CE.

59ª Reunião, 29 de junho de 2009

Roneí Vieira de Carvalho

Paulo Teixeira da Cruz

ANEXO 1 - LISTA DE DOCUMENTOS APRESENTADOS AO PAINEL

1) BARRAGEM GANGORRA

- Relatórios das reuniões anteriores do Painel de Inspeção e Segurança de Barragens sobre a barragem Gangorra;
- Aspectos Geotécnicos Associados à Ocorrência de Erosão Regressiva a Jusante do Vertedouro da Barragem Itaúna - Vitor Aderaldo de Sousa

2) BARRAGEM ITAÚNA

- DOSSIÊ DO AÇUDE ITAÚNA – Departamento de Engenharia de Segurança de obras Hídricas – COGERH - julho 2001;
- RELATÓRIO AS BUILT – Tomo II – Desenhos;
- Relatórios das reuniões anteriores do Painel de Inspeção e Segurança de Barragens sobre a barragem Itaúna

3) BARRAGEM JABURÚ I

- Relatórios das reuniões anteriores do Painel de Inspeção e Segurança de Barragens sobre a barragem Jaburu I.

ANEXO 2 - LISTA DE PARTICIPANTES DA REUNIÃO

NOME	IDENTIFICAÇÃO/QUALIFICAÇÃO
Roneí Vieira de Carvalho	Consultor membro do Painel de Segurança
Paulo Teixeira da Cruz	Consultor membro do Painel de Segurança
José Ricardo Dias Adeodato	Diretor de Operações da COGERH
Lucrecia Nogueira de Sousa	Gerente de Segurança e Infra-Estrutura Hídrica da COGERH
Rosiel Ferreira Leme	Coordenador Técnico da Gerencia de Segurança e Infra-Estrutura Hídrica da COGERH
José de Arimatéia Paiva	Coordenador Técnico da Gerencia Sobral - COGERH

ANEXO 3 – RELATÓRIO FOTOGRAFICO DO AÇUDE ITAÚNA

Figura 1 – Vista do canal de restituição

Figura 2- Detalhes dos blocos de enrocamento distribuídos no canal de restituição

Figura 3- Detalhes dos blocos de enrocamento distribuídos no canal de restituição

ANEXO 4 – RELATÓRIO DO ENGº VITOR ADERALDO DE SOUSA

Paulo Teixeira da Cruz
Rua Haddock Lobo, 1663 Apto. 182
CEP: 01.414-003 - São Paulo-SP
Fone: (011) 3088.5392 – 3083.2435
FAX: (011) 3088.5392
e-mail: ptcruz@terra.com.br

Roneí Vieira de Carvalho
Rua Orestes Barbosa, 386/201
CEP: 21.940-375 – Rio de Janeiro – RJ
Fone: (021) 3393.7424
e-mail: roneicarvalho@yahoo.com.br

VISITA DE INSPEÇÃO ÀS BARRAGENS DE ITAÚNA, ANGICOS E JABURU I

Relatório dos consultores Paulo Cruz e Roneí Carvalho

Setembro de 2009

Fortaleza, 08 de setembro de 2009

Senhores Eng.ºs Francisco José Teixeira - Diretor Presidente da COGERH e .- Diretor da Metalvias Construções Ltda,

Atendendo convite da COGERH e Metalvias Construções Ltda, os signatários deste relatório, consultores Paulo Teixeira da Cruz e Roneí Vieira de Carvalho, reuniram-se nos dias 02 a 05 de setembro no Estado do Ceará para visitas de inspeção às barragens mencionadas no título deste documento.

Tendo chegado a Fortaleza na tarde do dia 02, por via aérea, deslocaram-se em seguida por via terrestre até a cidade de Camocim, onde pernoveram.

Na manhã do dia 03 visitaram a barragem Itaúna, a qual inspecionaram em companhia do Engenheiro Júlio Sampaio(da Metalvias),do Engº Rosiel Ferreira Leme e Geóloga Lucrécia Nogueira (da COGERH-Fortaleza) e dos Engenheiros Vicente Lopes e José de Arimatéia Paiva (da COGERH-Sobral).No início da tarde se deslocaram ao sítio da barragem Angicos, a inspecionaram e seguiram viagem para a cidade de Tianguá, onde pernoveram.

No dia 04 ocorreram a inspeção da barragem Jaburu I e o retorno a Fortaleza, onde os consultores chegaram no início da noite.

No dia 05 foi iniciada a redação deste relatório, sendo que o consultor Roneí Carvalho retornou à sua cidade de origem no período da tarde. O Consultor Paulo Cruz permaneceu em Fortaleza durante o final de semana.

Este relatório teve a parte elaborada por Paulo Cruz concluída no dia 07 e a complementação por Roneí Carvalho no dia 11.

A lista dos documentos apresentados aos consultores consta do Anexo I e a dos participantes das inspeções, do Anexo II.

Este relatório segue a itemização abaixo:

- Barragem Itaúna;
- Barragem Angicos
- Barragem Jaburu I.

3– BARRAGEM JABURU I

3.1 – SISTEMA DE CONTROLE DAS VAZÕES DE PERCOLAÇÃO

3.1.1 -MEDIDORES DE VAZÃO

Os 9 medidores de vazão instalados a jusante da barragem e ombreiras permitem avaliar as vazões que percolam, basicamente, pelas fundações e pelas ombreiras.

A rocha de fundação é constituída de arenitos, entremeados de feições de desenvolvimento sub horizontais de siltitos e camadas de areias finas que podem ser carregadas pelo fluxo da água do reservatório. Para controle do fluxo foram procedidas injeções com nata de cimento que até o momento têm sido efetivas no sentido de manter o fluxo subterrâneo em valores relativamente constantes, sujeitos apenas a variações do NA do reservatório e sem indicações de carreamento das feições menos consolidadas.

Dos 9 medidores de vazão, 7 registram as vazões pela fundação da barragem e dois medem as vazões provenientes da ombreira esquerda (V-8) e das fundações do vertedouro (V-9).

3.1.2 – A RUPTURA DO V-8

No início do ano de 2007 ocorreu um escorregamento na ombreira esquerda, provavelmente no dia 04/01, sendo que um bloco de rocha atingiu o medidor V-8. A vazão deste medidor passou a ser registrada no V-7, a jusante, que, no entanto, coleta também as vazões de parte da fundação da barragem.

No Quadro abaixo são mostradas as vazões nos medidores V-7 e V-8, em várias datas anteriores e posteriores ao rompimento do V-8.

Data	NA Reservatório (m)	V8 (l/s)	V7 (l/s)	V7 - V8 (l/s)
02/01/06	720,62	0,93	1,97	1,04
24/04/06	721,23	0,47	1,84	1,37
05/06/06	722,40	0,77	2,10	1,33
03/07/06	722,52	1,47	2,56	1,09
09/08/06	722,30	1,84	2,54	0,70
30/08/06	722,14	2,25	2,33	0,08
27/09/06	721,87	1,90	2,11	0,21
18/10/06	721,59	1,84	2,11	0,27
15/11/06	721,23	1,65	2,11	0,46
11/12/06	720,85	1,59	1,97	0,38
29/12/06	720,63	1,47	1,84	0,37
01/01/07	720,61	1,47	1,84	0,37
29/01/07	720,28		1,97	
04/04/07	720,77		1,84	
10/08/07	721,57		2,40	
05/12/07	719,98		1,84	
02/01/08	719,67		1,84	
10/03/08	719,47		1,65	
05/05/08	723,09		2,80	
19/05/08	723,26		2,64	
16/06/08	723,66		2,64	
14/07/08	722,88		2,48	
06/08/08	722,55		2,48	
15/10/08	721,93		2,33	
17/11/08	721,45		2,33	
17/12/08	721,02		2,25	
23/01/09	720,70		2,11	
11/02/09	720,79		2,04	
04/03/09	721,37		2,15	
03/04/09	723,18		2,88	
20/04/09	723,41		3,33	
06/05/09	723,93		6,14	
20/05/09	723,40		3,81	
03/06/09	723,42		3,33	

Cota do Sangradouro 723,08

Uma análise dos dados do Quadro acima indica:

- i. Uma redução nas vazões (V7-V8) de $\approx 1,0$ l/s para $\approx 0,30$ l/s entre agosto e dezembro de 2006
- ii. Uma retomada das vazões da ordem de 2,0 l/s no V7 em agosto de 2008

- iii. Um aumento nas vazões do V7 quando o NA ultrapassa a cota do sangradouro
- iv. Um aumento mais ou menos significativo nas vazões do V7 a partir de abril de 2009.

O aumento da vazão pode ser devido a ocorrência de chuvas, a um nível mais elevado do reservatório, mas também a descoberta de traços de asfalto no V-7 (agosto de 2009) proveniente das injeções executadas há vários anos na ombreira esquerda com o objetivo de controlar o fluxo por essa ombreira.

Cabe, portanto, investigar em campo se há outras ocorrências de asfalto na área escorregada no entorno do V-8 e na tubulação que interliga e coleta as águas do V-8 em direção ao V-7. O asfalto foi utilizado nas injeções com o objetivo de bloquear os vazios existentes no arenito. Tudo indica que com o passar do tempo ocorreu um desgaste no arenito em torno do asfalto, que se desprende do arenito e foi carregado para o V-7. O recente aumento das vazões no V-7 podem também corroborar este fato.

Paralelamente à investigação de campo, é recomendável recapturar todas as informações sobre as injeções procedidas.

A análise destas últimas informações e dos resultados da investigação de campo permitirão avaliar se é recomendável proceder-se a uma nova campanha de injeção na ombreira.

3.1.3 – VERTEADOR V-9

O V-9 mede as vazões que ocorrem no canal de restituição do sangradouro, por aberturas no arenito. Nesta área não foram executados tratamentos da fundação.

Enquanto o NA permanece abaixo da crista do sangradouro as vazões do V-9 são nulas. Em 2006 e 2007 não ocorreu vertimento e a vazão no V-9 foi nula.

Em 2008 o primeiro vertimento ocorreu no dia 05/05/2008. Já em 16/05/08 o V-9 registrou uma vazão de 0,08 l/s. O vertimento teve continuidade até o dia 23/06/08, com registro de uma vazão no V-9 de 1,71 l/s. Uma vazão residual continuou a ser medida no V-9 até o dia 05/11/08.

Em 2009 o vertimento teve início no dia 03/04/09, sendo que o V-9 começou a registrar vazão no dia 08/04/09. No dia 04/08/09 o vertimento havia cessado e, no entanto, o V-9 continuava a medir vazões residuais.

Em 2008 a lâmina vertente no sangradouro atingiu um máximo de 27 cm em 12/05/08, e a maior vazão medida no V-9 foi de 1,71 l/s em 20/06/08 quando a lâmina d'água era de apenas 2 cm. A vazão residual alcançou um pico de 1,77 l/s em 02/07/08 e foi decaindo gradativamente até o dia 02/07/08.

Com os dados de 2009 (só disponíveis até o dia 03/06/09), em 08/05/09 a vazão no V-9 alcançou 11 l/s. Com a redução da lâmina d'água, as vazões vêm diminuindo. Observa-se que em 2009 ocorreu um salto nas vazões registradas no V-9, que podem ser resultado tanto das chuvas intensas e prolongadas, como pelo fato da água ter encontrado vazios no arenito em cotas mais elevadas atingidas por uma lâmina d'água mais alta.

3.1.4 – VERTEDORES DA FUNDAÇÃO DA BARRAGEM

Estudos semelhantes devem ser feitos para os vertedores V-1 a V-6 que coletam as águas percoladas pela fundação da barragem.

3.1.5 – CONCLUSÃO

Pelas informações disponíveis, não há indícios preocupantes de evolução das vazões que possam sugerir a necessidade de providências de campo(intervenções), a menos da reinstalação do V-8, a pesquisa de presença de asfalto na tubulação que liga o V-8 ao V-7 e uma reavaliação das injeções procedidas e dos dados das vazões dos vertedores.

3.2 – VERTEDOURO

Durante a visita verificou-se que as lajes de impermeabilização e reparo de aberturas ou poços de fuga de água do canal do vertedouro, localizadas a montante do Creager e implantadas há alguns anos, haviam sofrido recalque e se rompido.

Mesmo com uma lâmina da ordem de 1,0m neste canal, foi possível observar que as lajes haviam se partido e os seus bordos encontravam-se desprendidos do fundo do canal. A fuga de água gerava vórtice bastante visível à superfície acima de um deles.

As extensões de laje danificadas e desprendidas do fundo envolviam duas áreas maiores, com cerca de 15,0m x 10,0m e 10,0m X 6,0m.

Numa terceira área, próximo á margem direita do canal, se observava um pequeno vórtice, indicativo de outra fuga de água, pré-existente ou em fase inicial de evolução.

Quando o nível do reservatório permitir, deverá ser feita inspeção minuciosa desses locais, assim como de todo o canal.

Os fragmentos das lajes deverão ser totalmente removidos e as aberturas(ou poços) desobstruídas e limpas, repetindo-se esses procedimentos em outras passagens eventualmente descobertas na inspeção.

Em princípio, o procedimento padrão recomendado para cada local compreende:

- obstrução da abertura com blocos de rocha não friável de grandes dimensões, até no mínimo 2,0m abaixo do piso do canal;

- preenchimento desta, até cerca de 0,50m abaixo do piso do canal, com blocos de dimensões gradualmente decrescentes(de baixo para cima), obedecendo ao critério de filtro, ou seja, os blocos das camadas superiores com diâmetros menores do que os das inferiores, porém maiores que os vazios destas.

- cada camada deverá ser, tanto quanto possível, compactada; mesmo que manualmente, por meio de soquete especialmente preparado.

- na referida profundidade(0,50m abaixo do piso do canal), deverá ser executado um rebaixo no piso, de forma quadrada ou retangular, para facilitar a execução de laje-tampão com malha de armadura tendo barras de comprimento constante em cada direção. Esse rebaixo deverá ter seus lados guardando uma distância mínima de 2,0m em relação ao perímetro da abertura ou poço. Uma avaliação "in loco" da presença de material friável(siltitos e argilitos, principalmente) nas superfícies do rebaixo, ou seja, nas superfícies de contato com a laje-tampão, poderá conduzir a distâncias mínimas superiores à sugerida.

- execução de uma laje-tampão, em cada local, a qual deverá ser armada considerando como carregamento a pressão hidrostática correspondente à lâmina d'água máxima de projeto do canal.

Além dos trabalhos recomendados, sugere-se que a inspeção do fundo também seja estendida aos taludes do canal, com o intuito de verificar a potencial ocorrência de zonas ou faixas de material passível de ser carregado, gerando novos pontos de fuga durante os vertimentos.

Atenciosamente,

Consultores de Inspeção e Segurança de Barragens

Fortaleza, 08 de setembro de 2009

Roneí Vieira de Carvalho

Paulo Teixeira da Cruz

ANEXO 1 - LISTA DE DOCUMENTOS APRESENTADOS AOS CONSULTORES

1) BARRAGEM ITAÚNA

- Levantamento topográfico do sangradouro e canal de restituição;

2) BARRAGEM ANGICOS

- Levantamento topográfico do sangradouro e canal de restituição;

3) BARRAGEM JABURÚ I

- Leituras e gráficos das vazões percoladas pelos vertedores nos anos de 2008 e 2009.

PAULO TEIXEIRA DA CRUZ
Rua Haddock Lobo, 1663 Apto. 182
CEP: 01.414-003 - São Paulo-SP
Fone: (011) 3088.5392 – 3083.2435
FAX: (011) 3088.5392
e-mail:ptcruz@terra.com.br/

RONEÍ VIEIRA DE CARVALHO
Rua Orestes Barbosa, 386/201
CEP: 21.040-375 – Rio de Janeiro – RJ
Fone:(021) 3303-7424/ 8810-7424
e-mail:roneicarvalho@yahoo.com.br/

VISITA DE INSPEÇÃO ÀS BARRAGENS JABURÚ I

Relatório dos consultores Paulo Cruz e Roneí Carvalho

Janeiro de 2010

Fortaleza, 23 de janeiro de 2010

Senhores Secretário dos Recursos Hídricos Sr. César Pinheiro e Eng.º Francisco José Teixeira - Diretor Presidente da COGERH e

Eng.º Raymundo Lima – Diretor da Metalvias Construções Ltda,

Prezados Senhores,

Atendendo convite da COGERH e Metalvias Construções Ltda, os signatários deste relatório, consultores Paulo Teixeira da Cruz e Roneí Vieira de Carvalho, reuniram-se nos dias 21 a 23 de janeiro no Estado do Ceará para visitas de inspeção às barragens mencionadas no título deste documento.

O consultor Paulo Cruz chegou a Fortaleza na tarde do dia 18 e seguiu para a barragem Riacho da Serra, a qual se encontra em construção pela SRH, retornando no final da tarde do dia 19. O Consultor Roneí Carvalho chegou a Fortaleza na madrugada do dia 20 e pela manhã, juntamente com o consultor Paulo Cruz se reuniram na Cogeh. Às 12:00 horas viajaram com destino à barragem Jaburu I, tendo pernoitado em Tianguá. Na manhã do dia 21 foi feita a visita à citada barragem e à tarde às obras de recuperação do vertedouro da barragem Itaúna, no município de Chaval. O pernoite foi feito na cidade de Camocim e o retorno a Fortaleza no dia 22, pela manhã.

Na manhã do dia 23 foi iniciada a redação deste relatório. Os consultores retornaram às suas cidades de origem no final da tarde.

Este relatório, iniciado no dia 23, foi concluído no dia 27 .

A lista dos documentos apresentados aos consultores consta do Anexo I e a dos participantes das inspeções, do Anexo II.

Este relatório segue a itemização abaixo:

- Barragem Jaburu I;
- Barragem Itaúna

ÍNDICE

1 – VISITA À BARRAGEM JABURU I.....	5
1.1 – TRATAMENTO DO VAZAMENTO NA OMBREIRA ESQUERDA DA BARRAGEM.....	5
1.2 – VERTEDOURO – AVALIAÇÃO DAS EROSÕES	6
1.2.1 – <i>Canal de Aproximação</i>	6
1.2.2 – <i>Canal de Restituição</i>	7
2 - ITAÚNA	8
ANEXO 1 - LISTA DE DOCUMENTOS APRESENTADOS AOS CONSULTORES	10
ANEXO 2 - LISTA DE PARTICIPANTES DAS INSPEÇÕES.....	11

1 – VISITA À BARRAGEM JABURU I

1.1 – TRATAMENTO DO VAZAMENTO NA OMBREIRA ESQUERDA DA BARRAGEM

Sugere-se a seguinte seqüência de atividades:

1. Levantamento da topografia da área da ombreira esquerda a jusante da barragem, com indicação de possíveis escorregamentos (caracterizados por seções transversais) e batimetria, a montante.

Esse levantamento topográfico deverá ter abrangência tal que sirva de base à elaboração de um projeto de drenagem das águas superficiais da região da ombreira situada imediatamente a montante da zona de ocorrência dos vazamentos(surgências) e escorregamentos;

2. Localização plani-altimétrica dos furos de sondagem que, nas intervenções realizadas anteriormente, apresentaram maiores absorções de calda de cimento/asfalto/perda d'água. Avaliar o número de furos e as respectivas tomadas de calda e asfalto;
3. Execução de 6 (seis) sondagens rotativas ($\square \square \emptyset NX$) na ombreira, a jusante, com ensaios de perda d'água. Estes furos devem ficar localizados nas áreas de maior absorção de calda acima detectadas e permitir localizar a passagem da água. O trabalho de localização de cada novo furo deve ser feito com base na planta mencionada na alínea anterior e ser auxiliado pela utilização de corantes nos furos precedentes, os quais deverão permitir se verificar/confirmar a direção do fluxo;
4. Elaboração de um modelo 3D dos prováveis caminhos do fluxo, baseado nas observações acima;
5. Lançamento submerso de solo(em ponta de aterro) sobre a ombreira esquerda, a montante, observando possíveis reflexos no vazamento. Este aterro deve procurar atingir o leito do rio e a ombreira fora da área da barragem. Em princípio, a área de abrangência desse aterro será função de sua eficácia na diminuição do vazamento. Para fins de quantificação do volume de solo a ser lançado, pode-se estimar que essa área deverá se estender até cerca de 100 metros a montante do "offset" da barragem;
6. Injeções experimentais de argamassa, asfalto ou outro produto devem ser tentadas, após o lançamento do solo a montante, com observação de seu efeito

sobre as vazões. Com base no resultado destas injeções, deve ser elaborado e executado o plano final de tratamento ainda necessário na ombreira;

7. Análise contínua dos resultados de cada etapa dos procedimentos, enviando os dados e fotos obtidos para apreciação dos consultores.
8. Re-instalação do Vertedor V-8 em novo local. Tal instalação poderá ser feita a qualquer tempo independentemente das etapas de projeto. Associado a esse vertedor deverá ser instalado um outro, visando quantificar a contribuição de um segundo ponto de surgência d'água(observado durante a visita), localizado ao pé da área onde ocorreu o escorregamento ;
9. Sondagens sísmicas – recomenda-se consultar um especialista sobre a natureza das informações que podem ser obtidas com este recurso, verificando se tais informações trarão resultados que possam subsidiar a definição dos tratamentos necessários a executar na ombreira da barragem

1.2 – VERTEDOURO – AVALIAÇÃO DAS EROSÕES

1.2.1 – CANAL DE APROXIMAÇÃO

É importante dispor de um registro fotográfico e numérico das ocorrências de fuga d'água observadas na região das lajes e no arenito da fundação do canal de aproximação. A execução dos serviços de recuperação ora em andamento deverá ter prosseguimento, de acordo com o projeto elaborado pela COGERH, porém cuidando-se para que seja obtida a melhor vedação possível no contato bordo da laje-maciço, tanto no fundo quanto nos taludes do canal. Eventualmente, um reforço dessa vedação poderá ser obtido com o preenchimento da cava(de seção trapezoidal) do “cut-off” ou “redente” da laje, com concreto dental, conforme sugerido/discutido durante a reunião.

Em dois pontos localizados pouco a montante da área objeto das obras em andamento foi observada, durante o último período de vertimento, a ocorrência de vórtices de menores proporções, caracterizando a existência de fuga d'água pelo fundo do canal. Por razões de custo, por ora a COGERH não está cogitando realizar qualquer tratamento nos referidos pontos. Entretanto, como as erosões nos mesmos podem evoluir rapidamente nos próximos vertimentos e vir a exigir tratamentos dispendiosos, recomenda-se que, experimentalmente, se proceda nesses locais à execução de um “selo” com solo(argiloso) compactado, recoberto com uma camada de solo solto(para evitar ocorrência de trincas pela exposição ao sol), por sua vez protegida, contra erosão pelo fluxo, por uma camada de brita ou cascalho. O topo da

camada de brita ou cascalho deverá coincidir com o fundo do restante do canal de aproximação. Ou seja, para a execução desse selo, deverá ser realizada escavação em profundidade compatível com pelo menos duas camadas de 20cm de solo compactado, mais 10cm de solo solto e 10cm de brita ou cascalho, nos pontos de fuga e circunvizinhanças. O solo para o tratamento sugerido, em volume inexpressivo, poderá vir da mesma fonte utilizada para o lançamento na ombreira esquerda da barragem, já comentado no item 1.1.

1.2.2 – CANAL DE RESTITUIÇÃO

Preparar um histórico, documentado em fotos e relatórios, da evolução da erosão regressiva desse canal do vertedouro. Incluir neste histórico informações obtidas de testemunhas locais. Dado o significativo avanço dessa erosão ocorrido no último período de cheia e a relativa proximidade alcançada em relação à ombreira do barramento, é fundamental que esse histórico assim como as demais providências abaixo descritas sejam realizadas a curto prazo.

Fazer um levantamento topográfico geral do trecho de canal a jusante da passagem molhada, com o objetivo de permitir a comparação com dados topográficos anteriores (caso existam) e servir de base ao mapeamento geológico-geotécnico e ao projeto dos tratamentos necessários.

Elaborar um mapeamento geológico-geomecânico do maciço rochoso desse canal de deságüe. Este trabalho, supervisionado por um especialista, deverá procurar caracterizar/localizar os pontos de fuga d'água para o interior do maciço – existentes e potenciais, assim como identificar os trechos de canal com maior probabilidade de ocorrência (nas próximas cheias) de ampliação de fraturas das placas rochosas e/ou instabilidades de blocos nos bordos da erosão. Tais informações servirão de subsídio ao projeto das intervenções mais imediatas, pelo menos.

Para complementação do modelo geomecânico do maciço arenítico da área poderão ser necessárias outras investigações, compreendendo sondagens mecânicas, sísmicas, ensaios de perda d'água, etc. Tais investigações devem ser definidas a partir dos trabalhos de mapeamento.

Com base nas informações acima poder-se-á elaborar e cotejar soluções de engenharia visando controlar a erosão.

Atenciosamente,

Consultores de Inspeção e Segurança de Barragens

Fortaleza, 23 de janeiro de 2010

Roneí Vieira de Carvalho

Paulo Teixeira da Cruz

ANEXO 1 - LISTA DE DOCUMENTOS APRESENTADOS AOS CONSULTORES

1) BARRAGEM JABURU I

- Serviços de Injeção de cimento e asfalto na Barragem Jaburu em Tianguá - março/1990;
- Relatório Final - Tratamento da Fundação - outubro de 1993 ;
- Fotografias dos arquivos de monitoramento da Cogerh

ANEXO 2 - LISTA DE PARTICIPANTES DAS INSPEÇÕES

NOME	IDENTIFICAÇÃO/QUALIFICAÇÃO
Roneí Vieira de Carvalho	Consultor
Paulo Teixeira da Cruz	Consultor
Lucrécia Nogueira	Ger. de Segurança e Infraestrutura Hídrica da COGERH
Rosiel Ferreira Leme	Coor. Téc. da Ger. de Seg. e Infraestr. Híd. da COGERH
Ângelo Guerra	Secretaria dos Recursos Hídricos
Marcelo Pinto	Secretaria dos Recursos Hídricos
Júlio Sampaio	Eng ^o da Construtora Metalvias Construções Ltda – Recuperação do sangradouro da barragem Itaúna

PAULO TEIXEIRA DA CRUZ
Rua Haddock Lobo, 1663 Apto. 182
CEP: 01.414-003 - São Paulo-SP
Fone: (011) 3088.5392 – 3083.2435
FAX: (011) 3088.5392
e-mail:ptcruz@terra.com.br/

RONEÍ VIEIRA DE CARVALHO
Rua Orestes Barbosa, 386/201
CEP: 21.040-375 – Rio de Janeiro – RJ
Fone:(021) 3303-7424/ 8810-7424
e-mail:roneicarvalho@yahoo.com.br/

ERALDO P. PASTORE

OBRAS DE RECUPERAÇÃO DA BARRAGEM JABURU I

Relatório dos Consultores Paulo T. Cruz, Roneí V. de Carvalho e Eraldo P. Pastore

Março de 2010

Fortaleza, 04 de março de 2010

Eng.º Francisco José Teixeira - Diretor Presidente da COGERH e

Eng.º Raymundo Lima - Diretor da Metalvias Construções Ltda

Prezados Senhores,

Atendendo convite da COGERH e Metalvias Construções Ltda, os signatários deste relatório, consultores Paulo Teixeira da Cruz, Roneí Vieira de Carvalho e Eraldo P. Pastore, reuniram-se no dia 02 de março na sede da COGERH para avaliar o resultado dos serviços topobatimétricos já realizados e discutir com os técnicos da COGERH e da empreiteira contratada a programação dos serviços a serem executados na barragem Jaburu I.

A lista dos documentos apresentados aos consultores consta do Anexo I e a dos participantes da reunião, do Anexo II.

ÍNDICE

1 – BARRAGEM JABURU I	4
1.1 – INVESTIGAÇÕES NA OMBREIRA ESQUERDA / JUSANTE.....	4
1.2 – BATIMETRIA A MONTANTE DA BARRAGEM E OMBREIRA ESQUERDA	4
1.3 – LANÇAMENTO DO SOLO NA OMBREIRA ESQUERDA / MONTANTE	4
ANEXO 1 - LISTA DE DOCUMENTOS APRESENTADOS AOS CONSULTORES	7
ANEXO 2 - LISTA DE PARTICIPANTES DAS INSPEÇÕES.....	8

1 – BARRAGEM JABURU I

1.1 – INVESTIGAÇÕES NA OMBREIRA ESQUERDA / JUSANTE

Na reunião ocorrida na sede da COGERH os consultores foram alertados pelo Dr. Ricardo Adeodato, Diretor de Operações, sobre a urgência e o interesse do Governo do Estado no imediato início dos trabalhos emergenciais relativos ao controle do fluxo pela fundação e ombreira da barragem Jaburu I.

Foi esclarecido ao Dr. Ricardo que a locação dos 4 furos investigatórios já havia sido entregue ao empreiteiro há algum tempo e que por falta de ferramenta adequada tais serviços ainda não haviam sido iniciados.

Novos furos foram locados – veja-se a tabela anexa. Além disso, foi também informado que a geóloga Lucrecia Nogueira, da COGERH fez uma viagem à obra já no dia 02/03 para acelerar os trabalhos de campo.

Ressalta-se que as informações coletadas, referentes a todos os furos, deverão ser enviadas aos consultores, para um acompanhamento diário dos resultados obtidos.

O planejamento e sequência das interações já discutidas e incluídas no relatório dos consultores de janeiro/2010 foi revisado e confirmado.

De imediato salientou-se que fosse instalado o medidor de vazão a jusante da surgência de água da ombreira esquerda.

1.2 – BATIMETRIA A MONTANTE DA BARRAGEM E OMBREIRA ESQUERDA

Foi apresentado aos consultores o levantamento batimétrico realizado pela COGERH, constituído de planta com curvas de nível de 0,50m e 24 seções paralelas ao eixo do barramento, o qual evidenciou algumas inconsistências relevantes.

A COGERH fará uma reavaliação dos dados do ecobatímetro, para corrigir tais inconsistências.

Eventualmente poderá ser necessária uma verificação no campo.

1.3 – LANÇAMENTO DO SOLO NA OMBREIRA ESQUERDA / MONTANTE

Com base na batimetria apresentada (apesar das inconsistências mencionadas) foi preliminarmente definida a área de interesse para a realização do lançamento de solo.

Esta área abrange uma faixa do terreno natural abaixo da cota 724,00, compreendida entre o “off-set “ da barragem e a seção S-24, na qual se pretende que o referido lançamento

resulte numa camada de solo de espessura, variável com a profundidade do lago, variando desde 0,70m na cota 724,00 até 1,50m na cota 702,00, aproximadamente.

Com base nessas indicações a empreiteira deverá conceber e planejar os métodos executivos e, de acordo com os recursos que dispuser, adotar lançamento em ponta de aterro, a partir de barcaça, etc...

No caso do lançamento em ponta de aterro, feito por etapas, o solo somente atingirá as cotas mais baixas do terreno pelo deslizamento dos aterros sucessivos – o que é difícil controlar, podendo ocasionar carregamento instantâneo (não admissível) no talude da barragem. Assim, nos trechos em que tal método venha a ser utilizado, é imprescindível que o lançamento seja feito em direção paralela à linha de “off-set” da barragem, para evitar que o talude da barragem seja atingido por tais escorregamentos.

Foi solicitado à empreiteira que avalie a alternativa de utilização de lançamento do solo a partir de barcaça – pelo menos na faixa de terreno contígua ao “off-set” da barragem e onde o terreno encontra-se em cotas mais baixas.

Atenciosamente,

Consultores de Inspeção e Segurança de Barragens

Fortaleza, 04 de março de 2010

Roneí Vieira de Carvalho

Paulo Teixeira da Cruz

Eraldo P. Pastore

ANEXO 1 - LISTA DE DOCUMENTOS APRESENTADOS AOS CONSULTORES

1) BARRAGEM JABURU I

- Levantamento batimétrico Açude Jaburu I;
- Levantamento topográfico;
- Fotografias dos arquivos de monitoramento da Cogerh

ANEXO 2 - LISTA DE PARTICIPANTES DAS INSPEÇÕES

NOME	IDENTIFICAÇÃO/QUALIFICAÇÃO
Roneí Vieira de Carvalho	Consultor
Paulo Teixeira da Cruz	Consultor
Eraldo Luporine	Consultor
Ricardo Adeodato	Diretor de Planejamento
Lucrécia Nogueira	Ger. de Segurança e Infraestrutura Hídrica da COGERH
Rosiel Ferreira Leme	Coor. Téc. da Ger. de Seg. e Infraestr. Híd. da COGERH
José Rodrigo	Técnico da Gesin
Sebastião Cordeiro	Empresa S & V Ltda

PAULO TEIXEIRA DA CRUZ
Rua Haddock Lobo, 1663 Apto. 182
CEP: 01.414-003 - São Paulo-SP
Fone: (011) 3088.5392 – 3083.2435
FAX: (011) 3088.5392
e-mail:ptcruz@terra.com.br/

VISITA DE INSPEÇÃO À BARRAGEM JABURÚ I

Relatório do consultor Paulo Cruz

Abril de 2010

Fortaleza, 16 de abril de 2010

Eng.º Francisco José Teixeira - Diretor Presidente da COGERH e
Sr. Sebastião Cordeiro de Oliveira Júnior – Diretor da S & V Ltda

Prezados Senhores,

A visita ao local da barragem Jaburu I ocorreu na manhã do dia 15/04/2010.

O deslocamento ao local ocorreu na tarde do dia 14. O retorno a Fortaleza foi feito na tarde do dia 15/04. Este relatório foi elaborado no dia 15 e concluído no dia 16/04.

Na viagem da visita ao local foi acompanhada pela Geol. Lucrécia Nogueira de Sousa da COGERH, responsável pelo projeto de recuperação e manutenção da barragem.

Estiveram também presente na visita, os senhores Sebastião Cordeiro e Atualpa Soares responsáveis pela empresa que está executando as obras.

. Foram vistoriadas os seguintes locais:

- (i) área de lançamento de materiais a montante;
- (ii) local de execução das sondagens;
- (iii) passagem molhada;
- (iv) área do sangradouro;
- (v) área de empréstimo do solo lançado a montante;
- (vi) sala de depósito das amostras das sondagens.

A reunião com os encarregados da execução e lançamento do solo ocorreu nas dependências da Escola próxima a barragem.

A lista dos documentos apresentados aos consultores consta do Anexo I e a dos participantes das inspeções, do Anexo II.

ÍNDICE

1 – LANÇAMENTO DE SOLO A MONTANTE.....	4
2 – ÁREA DO SANGRADOURO	4
3 – TESTEMUNHOS DE SONDAgens.....	4
4 – ÁREA DE EMPRÉSTIMO	5
5 – SONDAgens.....	5
6 – SEQUÊNCIA DE TRABALHOS SUGERIDOS.....	7
7 – ÁREA ESCORREGADA NA OMBREIRA ESQUERDA	7
8 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	7
ANEXO 1 - LISTA DE DOCUMENTOS APRESENTADOS AO CONSULTOR	9
ANEXO 2 - LISTA DE PARTICIPANTES DAS INSPEÇÕES.....	10

1 – LANÇAMENTO DE SOLO A MONTANTE

Com o intuito de criar um tapete de solo submerso a montante da barragem já foi lançado no reservatório cerca de 4.600 m³ de um total inicial de 10.000 m³.

Na reunião da obra foram discutidos os locais e os procedimentos recomendados para o lançamento do solo. Este deve ser lançado fora da área de montante da barragem, que é conhecida e está indicada em desenho.

Até o momento não ocorreu nenhuma variação na vazão medida na surgência de água a jusante.

Durante o lançamento tem-se observado que num ponto a montante do reservatório o solo lançado não “suja” a água e que ao termino do lançamento há um borbulhamento na água do reservatório (provavelmente resultante do ar incorporado ao solo lançado).

Recomendou-se o prosseguimento do lançamento do solo com acompanhamento do que ocorre no local do lançamento, bem como na área da surgência a jusante. Entre a praça de lançamento do solo e o local da surgência a distancia varia de cerca de 200 até 250 m.

2 – ÁREA DO SANGRADOURO

Nesta área vem sendo executada a laje sobre o arenito com o objetivo de vedar as entradas de água que ocorrem no canal de adução. Os trabalhos estão na sua fase final.

Na área da passagem molhada de jusante, o transito de veículos pode ser interrompido quando a lamina d'água ultrapassa níveis elevados.

A solução preconizada para manter condição de trafego permanente seria uma ponte com vão livre da ordem de 35 a 40 m, que garantisse a passagem de água com uma lâmina da ordem de 1,0 m. A condição de vão livre é fundamental para evitar possíveis erosões localizadas.

3 – TESTEMUNHOS DE SONDAGENS

Devido à natureza do arenito de fundação da barragem e ombreira esquerda, a recuperação dos testemunhos é altamente prejudicada. Somente a partir dos 20 m é que tem sido possível obter uma recuperação dos testemunhos acima de 60 a 70%.

4 – ÁREA DE EMPRÉSTIMO

A área de empréstimo de solo lançado situa-se pouco além da ombreira direita ao longo da estrada.

Foi solicitado que sejam retiradas 4 amostras do material, sendo: a primeira próxima ao topo da área, a segunda na passagem de material grosseiro, a terceira no nível atual de escavação e a quarta no nível da estrada. Estas amostras devem ser levadas a um laboratório de solos para execução de granulometria com sedimentação e ensaios de limite de Atterberg.

5 – SONDAGENS

Das 15 sondagens programadas já foram executadas 12 que apresentaram os seguintes resultados.

Sondagem	Cota de Boca	Nível D'água	Perda de Água de Circulação	Ensaio de Perda D'água
SR 04	721,81	711,89	5,2	19 – 22 2l/min 22 – 25 2l/min
SR 05	720,59	-	3,1	-
SR 06	~720,00	~710,00	4,3 21 – 25	6 – 9 2l/min Asfalto 9 – 17
SR 07	~718,00	-	6 – 10	20 – 25 Baixa 8 – 19 Passagem Mole
SR 08	~720,00	~710,00	4,8	9,5 – 11 Asfalto 24,5 – 25 Baixa
SR 09	~720,00	-	4,1 3,5 – 6.5	20 – 23 Baixa
SR 10	~720,00	~710,00	3,55	Asfalto 9,5 – 11
SR 11	~720,00	~710,00	4,3 12,5 16,5	Asfalto 15 – 15,5 18 – 18,70
SR 12	~720,00	~710,00	4,5 12,5 20 – 21,5	-

Analisando os dados acima pode-se observar o seguinte:

As sondagens estão sendo executadas num patamar da cota ~ 720,00m.

O nível da água encontra-se na cota ~ 710,00m.

Não se dispões de níveis topográficos exatos das sondagens. Este levantamento está em execução.

Ocorrem perdas de água de circulação entre as cotas 3,0 e 10,0 m acima do N.A e em alguns casos em cotas mais profundas, mas por volta de 20 a 25 m, as perdas são baixas.

À surgência da água encontra-se na cota ~ 695,00m a cerca de 120m do local das sondagens.

Os níveis piezométricos medidos nos Pzs da barragem são listados a seguir:

PZ	Cota da boca	Cota NA
23 (1 3)	7714,50	700,00
23 (2 2)	704,00	698,00
23 (3 3)	698,00	685,00
25 (1 3)	722,00	705,00
25 (2 3)	715,00	704,00
25 (3 1)	701,00	695,00

O NA do reservatório no dia da visita esteve na cota 721,57 m.

Devido à natureza do arenito, tem sido praticamente impossível obturar os furos o que impede a realização dos ensaios de perda d'água por trechos, como previsto.

Embora não se tenha observado uma variação da vazão na surgência durante a execução dos furos, foi possível notar que durante a execução dos furos SR 08 e SR 10 ocorriam presença de material solido na surgência, que cessava quando as sondagens eram interrompidas.

O fato do NA na fundação e ombreira da barragem se encontrar na cota 710,00 bem acima do NA medido nos Pzs, se deve a um fluxo pela ombreira e a existência de um lençol freático e também a diferença de cotas entre a boca dos furos e a boca dos Pzs.

6 – SEQUÊNCIA DE TRABALHOS SUGERIDOS

1. Executar as SR 13 e 14 e interpolara a SR 15 se necessário (se ocorrerem grandes perdas de água ou comunicação com a surgência);
2. Iniciar a injeção com argamassa grossa (1 : 1 : 0,5) ou (2 : 1 : 0,5) nos furos SR 08 e SR 10 limitando a injeção a 250 kg de cimento. Observar durante a injeção se ocorre perda de calda na surgência e/ou variação da vazão.
3. Injetar os demais furos também com argamassa;
4. Interpretar as injeções e analisar os resultados;
5. Se as injeções não surtarem nenhum efeito, ou as perdas de calda se mantiverem, executar uma linha de furos a jusante da linha de injeção para fazer injeção com asfalto e uma retomada da injeção. Esta fase deve ser decidida na ocasião;

7 – ÁREA ESCORREGADA NA OMBREIRA ESQUERDA

O escorregamento ocorrido deveu-se à natureza do material da ombreira, e a ação de chuvas intensas.

De momento recomenda-se implantar uma canaleta de drenagem circundando a área escorregada, sem prejuízo da vegetação existente, com o objetivo de evitar a concentração de água de chuva na área exposta do escorregamento.

No possível revegetar a área com espécies nativas das áreas adjacentes.

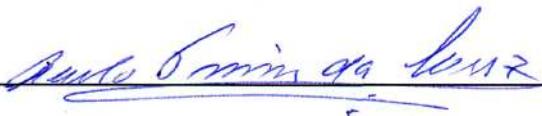
8 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Todas estas ações devem ser encaradas como de natureza experimental e devem ser analisadas após cada etapa do trabalho. Isto se aplica às injeções e ao lançamento do solo a montante.

Atenciosamente,

Consultores de Inspeção e Segurança de Barragens

Fortaleza, 16 de abril de 2010



Paulo Teixeira da Cruz

ANEXO 1 - LISTA DE DOCUMENTOS APRESENTADOS AO CONSULTOR

1) BARRAGEM JABURU I

- Fichas das sondagens da campanha ora em execução;
- Dados do monitoramento dos piezômetros;
- Relatório Final - Tratamento da Fundação - outubro de 1993 ;

ANEXO 2 - LISTA DE PARTICIPANTES DAS INSPEÇÕES

NOME	IDENTIFICAÇÃO/QUALIFICAÇÃO
Paulo Teixeira da Cruz	Consultor
Lucrécia Nogueira	Ger. de Segurança e Infraestrutura Hídrica da COGERH
Sebastião Cordeiro	Empresa S & V Ltda
Atualpa Soares	Empresa S & V Ltda
José Rodolfo Chaves	Técnico da COGERH

VISITA DE INSPEÇÃO À BARRAGEM JABURÚ I

Relatório do consultor Paulo Cruz

Maio de 2010

Fortaleza, 27 de maio de 2010

Eng.º José Ricardo Dias Adeodato - Diretor de Operações da COGERH e
Sr. Sebastião Cordeiro de Oliveira Júnior – Diretor da S & V Ltda

Prezados Senhores,

A visita ao local da barragem Jaburu I ocorreu na manhã do dia 26/05/2010. O retorno a Fortaleza foi no período da tarde.

Este relatório foi escrito na manhã do dia 27. O retorno a São Paulo se deu na tarde do mesmo dia.

Na viagem a visita ao local fomos acompanhado pela Geol. Lucrécia Nogueira de Sousa e o Eng.º Cível Rosiel Leme, ambos da COGERH. responsáveis pelo projeto de recuperação e manutenção da barragem.

Esteve também presente na visita o senhor Atualpa Soares um dos responsáveis pela empresa que está executando as obras.

ÍNDICE

1 – LANÇAMENTO DE SOLO A MONTANTE.....	4
2 – INJEÇÕES	4
3 – TALUDES.....	5
4 – CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE OS TALUDES E AS VAZÕES	8
5 – POSSÍVEIS TRATAMENTOS DOS TALUDES.....	9
6 – O CASO PARTICULAR DO SANGRADOURO	9

1 – LANÇAMENTO DE SOLO A MONTANTE

Na área de montante, foram lançados cerca de 16,5 mil metros cúbicos de solo, visando bloquear a entrada de água que percola pela ombreira esquerda. A operação não deu resultado. Foi mais uma tentativa de contornar o problema da entrada da água.

2 – INJEÇÕES

Foi inspecionado o local onde estão sendo executados os furos de investigações e de injeção. Até o momento já foram executados 24 furos, em 4 linhas “paralelas” ao eixo da barragem, num platô existente na ombreira esquerda localizada na El. 720,00.

A crista da barragem fica na El. 726,10, o N.A no dia da visita encontrava-se na El. 722,50, o N.A nos furos das sondagens estavam na El.710,00 e a surgência na El 686,405.

Embora o caminho subterrâneo percorrido pela água seja desconhecido, sabe-se que a água provem do reservatório, que ela passa pelo local dos furos abertos na El. 710,00 como se vê na planta e a **foto da ombreira**.

O percurso pode ser estimado em 350 a 400 m. Como o desnível entre o N.A do reservatório e a El na saída da água é de 33,75 m, o gradiente médio do fluxo está entre 0,09 e 0,084.

A saída da água na ombreira se dá por um único furo com diâmetro da ordem de 15,0 cm . Com a vazão medida é de ~ 10 litros/segundo a velocidade da água na saída é da ordem de 0,6 m/s.

O quadro abaixo resume a situação atual dos ensaios e das injeções de argamassa já realizados.

- Furos da linha 1 (SR- 03,04,05,06,11,08,10,06,09,15,14), já injetados, e destinados a re-injeção com cimento;
- Furos da 2ª , 3ª e 4ª linhas (SR-20,16,12,17,18,19, 21,22,23,24, 25,26,27 e 28) a serem injetados com asfalto.
- O furo SR-07 foi injetado e se encontra fora da área;
- Os furos SR-03,05,07 e 09 foram injetados e obturados;
- O furo SR-02 e 13 estão obstruídos e o furo SR-01 não foi executado.

Estes furos permitiram também identificar as passagens da água subterrânea que comunicam o reservatório com a surgência .

A planta com a localização dos furos e as seções que se seguem elaborados pela geóloga Lucrécia Sousa e sua equipe descrevem de forma detalhada os furos intercomunicantes, os furos que quando injetados, tiveram a calda levada pela água, uns com saída na surgência, outros não. Estão também indicados os tempos de percurso, o número de sacos de cimento injetados em cada etapa, e os furos que puderam ser obturados. Estes furos não atingiram vazios intercomunicantes com a surgência e por isso puderam ser obturados.

Há que se cumprimentar todas as pessoas envolvidas nestes tratamentos, porque vem sendo conduzidos corretamente.

A próxima etapa consiste em injetar asfalto nos furos das 2ª, 3ª e 4ª linhas, com o objetivo de tentar “bloquear” os vazios por onde flui a água, de forma a reduzir ou mesmo neutralizar a velocidade da passagem da água. Se isto ocorrer, passa-se imediatamente à injeção de cimento na primeira linha de furos.

Injeção de Asfalto

A injeção deve ser precedida com as caldeiras menores (~6.000 l) e com pressão de 4 kg/cm². Os furos anteriores absorveram de uma até no máximo 4 caldeiras. Para injetar coloca-se o revestimento do furo no trecho não injetável (primeiros 6 a 10 m) e fixa-se na boca um dispositivo ligado à mangueira da caldeira. A injeção vai até a rejeição. Deve-se observar a redução da vazão na surgência durante toda a injeção.

Este procedimento deve resultar nos tratamentos efetuados em 1989. Há fortes razões para se acreditar na sua eficácia.

As injeções com asfalto devem ser acompanhadas pela equipe da geóloga Lucrécia Sousa.

3 – TALUDES

Foram examinados e fotografados os seguintes taludes.

3.1 – Talude da Ombreira Esquerda onde ocorrem os escorregamentos e onde existe a surgência da água. Ver Foto da Figura 1.



Figura 1 - Vista da ombreira esquerda

3.2 – Taludes esquerdo e direito da área da Tomada de Água–Fotos das Figuras 2 e 3.



Figura 2 - Talude esquerdo da tomada d'água



Figura 3 - Talude direito da tomada d'água

3.3 - Taludes laterais das elevações (morros) a jusante da barragem, fora da saia da barragem – Foto da Figura 4.



Figura 4 - Taludes laterais das elevações a jusante da barragem

3.4 - Taludes no canal de desagüe do sangradouro – **Fotos das Figuras 5 e 6**, sendo algumas das fotos tomadas em visitas anteriores ao local.



Figura 5 – Vista frontal da erosão no canal de restituição do sangradouro



Figura 6 - Vista da erosão no canal de restituição do sangradouro

Sugerimos que um conjunto de fotos seja colocado num CD, reproduzindo-se neste relatório, somente as mais ilustrativas.

4 – CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE OS TALUDES E AS VAZÕES

A análise das fotos dos taludes e das surgências das águas, mostram que o “maciço rochoso” onde a barragem foi implantada, é composto de uma sequência de camadas de arenitos, filitos, lateritas, em vários níveis de desagregação, que resultam em blocos cúbicos de arenito de 2 m de aresta, até areia fina “de praia”. A ocorrência de solos em bolsões, camadas, e em fraturas, intercomunicantes ou não é generalizada, mas estes solos encontram sempre materiais rochoso estáveis, ou num processo lento de desagregação, normalmente envolvendo apenas a camada mais superficial, ou seja, sem grandes movimentos de massa. Quedas de blocos e escorregamentos de pequenos volumes de solo, fazem parte dos maciços rochosos da área.

O mesmo vem ocorrendo com o fluxo de água subterrânea, que é generalizada e vem sendo medido nos medidores de vazão.

O quadro a seguir fornece as vazões médias resultantes nos meses de janeiro a março/2010;

Mês	V1(l/s)	V2(l/s)	V3 (l/s)	V4(l/s)	V5(l/s)	V6(l/s)	V7(l/s)	V8(l/s)	V9(l/s)	Media Total
Jan	0,19	2,05	2,46	2,03	2,76	0,73	12,93	0,00	0,00	23,15
Fev	0,15	1,90	2,18	1,97	2,72	0,32	12,53	0,00	0,00	21,77
Mar	0,13	1,98	2,18	1,97	2,72	0,30	10,92	0,00	0,00	20,20
Média	0,16	1,98	2,27	1,99	2,73	0,45	12,12	0,00	0,00	21,70

A soma das vazões sem a vazão da ombreira esquerda é de 9 l/s e igual a 21,7 l/s incluindo a vazão dessa ombreira.

Dividindo a vazão total, pelo comprimento da crista, 770 m, resulta: $q = 0,70 \text{ l/min/m'}$ e $1,70 \text{ l/mim/m'}$

Esta vazão fica na média, medida em outras barragens brasileiras fundadas em rocha. É inferior a medida em Porto Primavera da ordem de 10 l/min/m' que é uma barragem fundada em areia.

O fato das vazões se manterem estáveis, significa que os caminhos de fluxo, ocorrem em “rocha” resistente à passagem de água, e portanto, em princípio, não há riscos de ocorrência de uma retroerosão (piping). Este fato se aplica também grande surgência da ombreira esquerda.

5 – POSSÍVEIS TRATAMENTOS DOS TALUDES

A “estabilidade “ dos taludes rochosos da área de jusante da barragem se deve ao embricamento dos blocos rochosos e as características de resistência da “rocha”. A vegetação contribuí também para a estabilidade dos taludes. De forma que em qualquer intervenção que se faça, a preservação da vegetação deve ser garantida ao máximo.

No caso de remoção de blocos soltos, a operação, se for realizada, deve ser feita de forma frontal e não a partir do topo dos taludes, porque o maquinário utilizado iria forçosamente arrasar com a vegetação existente.

Mesmo a implantação de canaletas de drenagem no topo dos taludes, pode ser um benefício ou um “desastre” pela destruição da pouca vegetação existente.

Afinal estes taludes estão aí, pelos últimos 25 anos e continuam estáveis. Claro, requerem manutenção.

Algumas sugestões de tratamento foram discutidas na visita. Alguns desenhos e croquis devem ser desenvolvidos para uma análise numa próxima visita.

6 – O CASO PARTICULAR DO SANGRADOURO

Existe uma diferença fundamental entre os taludes de jusante da barragem e o talude de jusante do sangradouro.

Os taludes no caso geral se deslocam lateralmente na direção das ombreiras, mas o talude de jusante do sangradouro evolui para montante e vai se aproximando da passagem molhada.

Uma proposta de estabilidade a ser desenvolvida como projeto é esboçada a seguir:

A cerca de 1,0 m da borda do talude, executar uma linha de furos de ~ 25 m (o dobro da altura do talude) e colocar chumbadores. O espaçamento deve ser de ~ 1,0 m. Executar uma 2ª linha de chumbadores, a 1,0 m da primeira. Os furos devem ficar em quincôncio.

Com concreto dental, obturar as entradas de água entre a passagem molhada e o talude. Executar no topo do talude um pequeno salto de esqui para jogar a água para fora do talude.

Avaliar o interesse de acumular grande blocos junto ao pé do talude.

Este projeto deve ser submetido ao Dr. Roneí Carvalho e ao Dr. Eraldo Pastore para análise e os ajustes necessários.

Atenciosamente,

Consultor de Inspeção e Segurança de Barragens

Fortaleza, 27 de maio de 2010



Paulo Teixeira da Cruz

ANEXO 2 - LISTA DE PARTICIPANTES DAS INSPEÇÕES

NOME	IDENTIFICAÇÃO/QUALIFICAÇÃO
Roneí Vieira de Carvalho	Consultor
Paulo Teixeira da Cruz	Consultor
Júlio Sampaio	Engº da Construtora Metalvias Construções Ltda
Lucrecia Nogueira de Sousa	Gerente de Segurança e Infra-Estrutura Hídrica da COGERH
Rosiel Ferreira Leme	Coordenador Técnico da Gerencia de Segurança e Infra-Estrutura Hídrica da COGERH
Vicente Lopes	Gerente Regional de Sobral
José de Arimatéia Paiva	Coordenador Técnico da Gerencia Sobral - COGERH

N = 9.572.850	E = 264.500	E = 264.550	E = 264.600	E = 264.650	E = 264.700	E = 264.750	E = 264.800	E = 264.850	E = 264.900	E = 264.950	E = 265.000	E = 265.050	E = 265.100	E = 265.150
---------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------



LEGENDA:

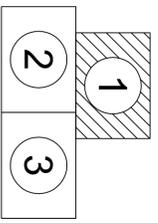
FOLHA:

PROJEÇÃO: UTM

QUADRÍCULA: 24M

DATUM: SIRGAS 2000

- CURVA DE NIVEL PRINCIPAL
- CURVA DE NIVEL INTERMEDIÁRIA
- ESTRADA
- INFRAESTRUTURA (EDIFICAÇÕES, CANALETAS, ETC.)
- OFF—SET DA BARRAGEM
- SRO0 SONDADEM ROTATIVA



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
Secretaria dos Recursos Hídricos

COGERH
 Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos

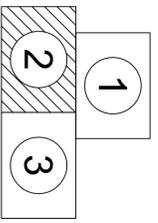
DIOPE Departamento de Operações	Projeto:	Execução de Obras de Recuperação	Diretor:	Joel Rodrigo
	Contrato:	044SRH/CE2010	Data:	MARÇO/2011
GESIN Comissão de Gestão dos Recursos Hídricos	Título:	PLANTA DE LOCAÇÃO DAS SONDADEMS	Folha:	A1
	Figura:	01-1		



LEGENDA:

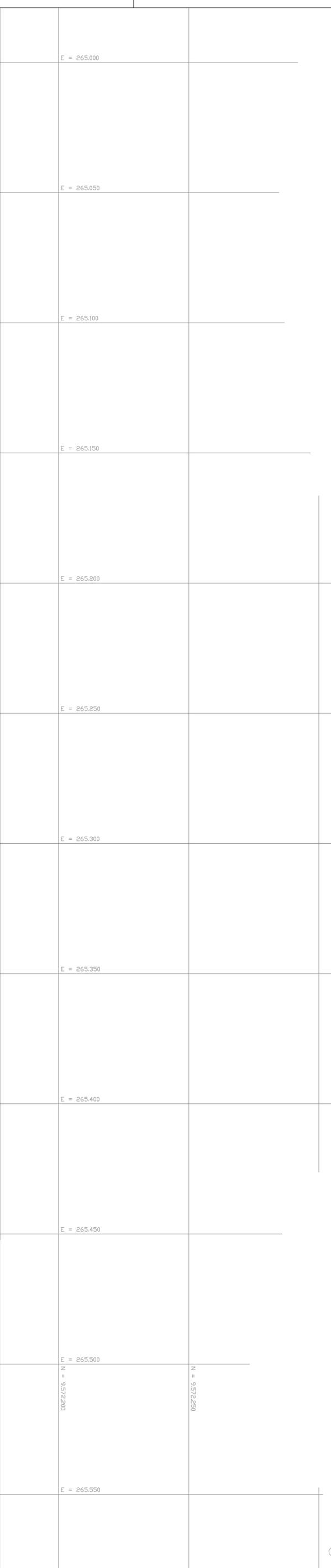
- CURVA DE NIVEL PRINCIPAL
- CURVA DE NIVEL INTERMEDIÁRIA
- ESTRADA
- INFRAESTRUTURA (EDIFICAÇÕES, CANALETAS, ETC.)
- OFF-SET DA BARRAGEM
- SRO0 SONDADEGE ROTATIVA

FOLHA:



PROJEÇÃO: UTM
 QUADRÍCULA: 24M
 DATUM: SIRGAS 2000

<p>GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ Secretaria dos Recursos Hídricos</p>	<p>Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos</p>
<p>GESIN Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos</p>	<p>Convenio: 0448/RH/CE/2010</p>
<p>Título: PLANTA DE LOCAÇÃO DAS SONDADEGES</p>	<p>Data: MARÇO/2011</p>
<p>Figura: 012</p>	<p>Elaborado: José Rodrigo</p>



LEGENDA:

FOLHA:

1

2 3

PROJEÇÃO: UTM
 QUADRÍCULA: 24M
 DATUM: SIRGAS 2000

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
 Secretaria dos Recursos Hídricos

COGERH
 Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos

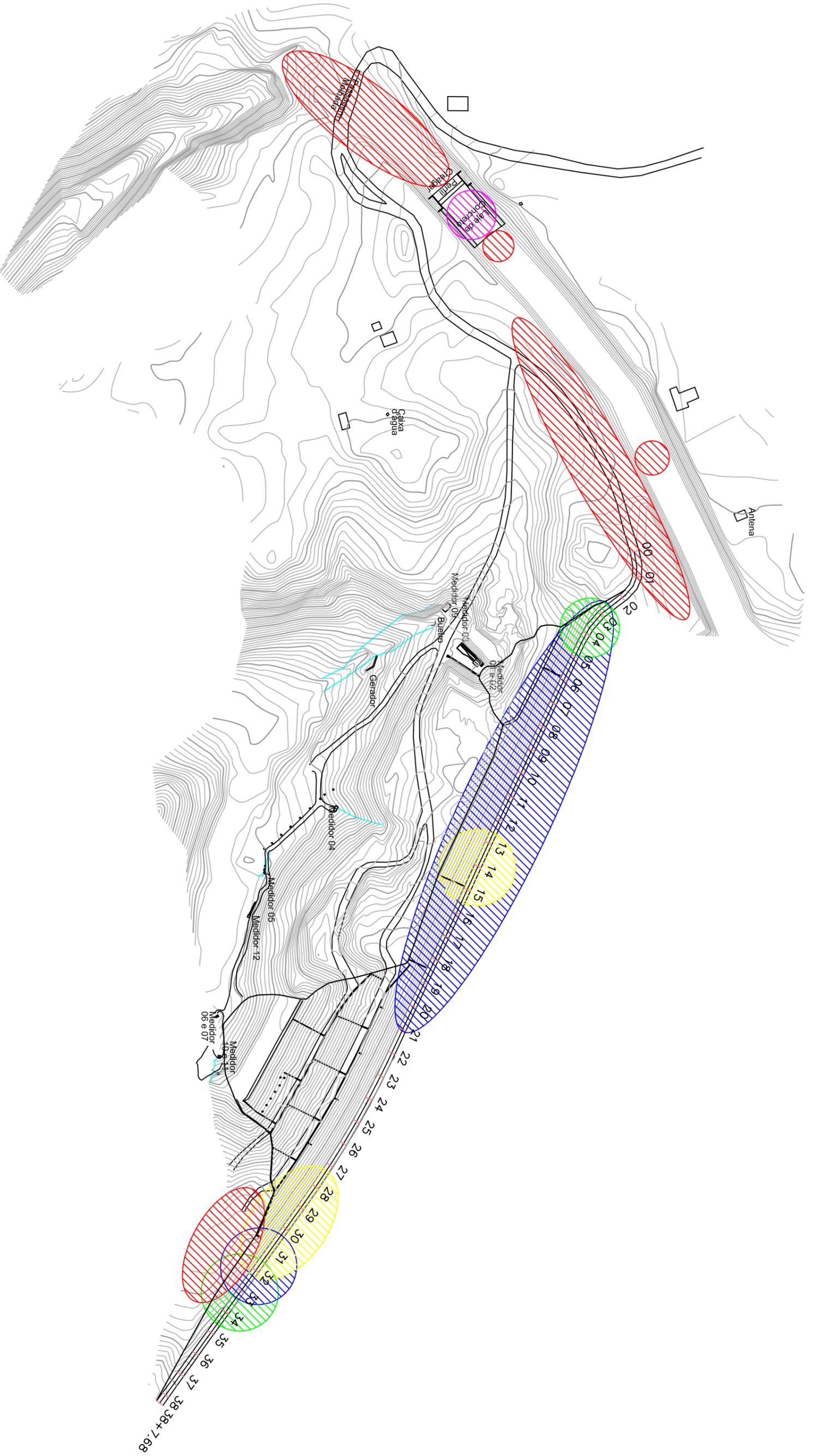
- ✓ CURVA DE NÍVEL PRINCIPAL
- ✓ CURVA DE NÍVEL INTERMEDIÁRIA
- ESTRADEIRA
- INFRAESTRUTURA (EDIFICAÇÕES, CANALETAS, ETC.)
- OFF-SET DA BARRAGEM
- ★ SR00 SONDADEM ROTATIVA

DIOPE
 Departamento de Operações

GESIN
 Gerência de Estudos e Planejamento

Projeto: Execução de Obras de Recuperação na Barragem Jaburu I
 Contrato: 044SRH/CE/2010

Desenho: José Rodrigo
 Data: MARÇO/2011
 Escala: 1/250
 Fôlha: A1
 Figura: 01-3



LEGENDA:

	1ª INTERVENÇÃO OUT/89 - MAR/90
	2ª INTERVENÇÃO FEV/93 - OUT/93
	3ª INTERVENÇÃO FEV/02 - JUN/03
	4ª INTERVENÇÃO DEZ/09 - ABR/10
	5ª INTERVENÇÃO FEV/10 - DEZ/10

<p>GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ Secretaria dos Recursos Hídricos</p>	<p>Comitê de Gerência dos Recursos Hídricos</p>
<p>Desenho: Jussé Roridgo</p> <p>Data: JAN/2011</p> <p>Escala: 1:3.000</p> <p>Folha: A3</p> <p>Figura: 02</p>	