

XXVII SEMINÁRIO NACIONAL DE GRANDES BARRAGENS

TEMA 103: REABILITAÇÃO, REFORMA E MELHORIA (UPGRADING) DE BARRAGENS EXISTENTES

Relato

Ciro Humes - CNEC WorleyParsons Engenharia
David Prado Pulino – HE Consultoria de Engenharia

Outubro 2011

Tema 103 tópicos propostos:

- Adaptação da capacidade de descarga de vertedouros a novas condições hidrológicas.
- Deterioração de materiais e fundações: casos específicos e soluções preconizadas.
- Elevação da crista da barragem por razões de segurança ou aumento do nível de represamento.
- Sedimentação de reservatórios afetando as condições de operação: soluções e análise de casos.

Grupo 1 - Adaptação da capacidade de descarga de vertedouros a novas condições hidrológicas.

Para o aumento da capacidade de descarga e/ou capacidade de armazenamento, as medidas mais comuns que podem ser citadas são:

- a) Modificação do vertedouro existente (rebaixamento e/ou aumento da soleira vertente);
- b) Construção de vertedouro auxiliar;
- c) Alteamento da barragem.

Grupo 2 - Aumento da segurança de estruturas de concreto/alvenaria.

Para aumentar ou mesmo adequar a segurança dos barramentos de concreto/alvenaria destacam-se, entre outros, os seguintes aspectos pertinentes:

- a) Problemas de fundação - Redução de infiltrações e subpressões (atuação nos sistemas de impermeabilização (cortinas) e/ou de drenagem (drenos complementares));
- b) Necessidade de aumentar a capacidade portante com uso de tirantes ou aumento de seção, por exemplo;
- c) Deterioração do concreto/alvenaria – medidas corretivas (tecnologia de materiais);
- d) Controle de infiltrações por meio de drenagem e/ou injeções.

Grupo 3 - Aumento de segurança de barragens de terra.

Os problemas em barragens de terra na maioria das vezes estão associados a percolações indesejadas quer quanto à vazão ou quanto à potencialidade de provocar erosão interna (“piping”) e requerem medidas tais como:

- a) Aumento da impermeabilização na fundação ou corpo da barragem por meio de injeções ou septos;
- b) Melhoria e/ou complementação do sistema de drenagem (poços de alívio, filtros invertidos, etc.);
- c) Construção de bermas de estabilização associadas com um sistema de filtro-dreno.

Trabalhos do Tema 103

GRUPO	ASSUNTO	QUANT.	AUTOR / ASSUNTO
1.c	Alteamento de Barragens	2	Scuero, A. & Vaschetti, G. – Barragem Sar Cheshmeh – BEFG - Irã
			Amorim, J. L. – Barragem do Aipim – Barragem de Terra
2.c	Deterioração de Materiais	4	Cavalcanti, A. J. C. T. et al. – UHE Pedras – 2 trabalhos sobre Reação Álcali-Agregado
			Bretas, E. M. et al. – Barragem de Alvenaria de Bandhardara - Índia
			Galvão, J. C. A. et al. – UHE Mourão – Reparo da Calha do Vertedouro
2.d	Controle de Infiltração pela Estrutura	1	Soares, M. A. S. et al. – Barragem CCR da UHE Governador José Richa
3.a	Controle de Infiltração pela Fundação	1	Souza, L. N. & Malveira V. T. C. et al. – Barragem Jaburu I
3.a	Trincas em Barragem de Terra	1	Miranda, A. N. et al. – Barragem de Terra Pias
3.a	Reabilitação devido a Dano de Sabotagem	1	Almeida, L. et al. – Barragem de Gove – Angola
-	Ferramentas para Projeto de Reabilitação	3	Almeida, C. T. P. et al. – Ações de Sismos em Barragens de Concreto
			Oliveira, D. M. & Sales, M. M. – Uso do Pressiômetro em Aterros
			Figueira I. F. R. et al. – Investigação Geofísica com SP na Barragem da UHE Santo Caxias



CONSIDERAÇÕES FINAIS

O envelhecimento das barragens e a maior demanda da sociedade pelos seus benefícios fazem que seja crescente a necessidade de novos empreendimentos e também de realizar obras de reabilitação e melhoria nos já existentes, visando manter ou aumentar os benefícios dessas obras, bem como prolongar a sua vida útil.

Outro fator a ser considerado como de fundamental importância na reabilitação, reforma e melhoria (upgrading) de barragens existentes é a garantia da sua adequação aos atuais critérios de segurança, seguindo o preconizado na Lei nº 12.334 de 20 de setembro de 2010, que regulamenta a Política Nacional de Segurança de Barragens - PNSB.

“Obrigado a todos”

Contatos

Ciro Humes – ciro.humes@c nec.com.br
11- 9332-1242

David Pulino – david.he@terra.com.br
31- 9979-0187

INCREASING THE HEIGHT OF SAR CHESHMEH DAM WITH AN EXPOSED GEOMEMBRANE SYSTEM

ASSUNTO

Alteamento de Barragem

RESUMO:

O trabalho apresenta o alteamento em etapas da barragem de rejeitos de Sar Cheshmeh no Irã em região de elevada atividade sísmica. Esta barragem é do tipo enrocamento com núcleo argiloso (BENA) e a solução de alteamento de 40m, foi realizada por meio de barragem de enrocamento com face de geomembrana.

Foi utilizada uma geomembrana de PVC assente sobre uma face de concreto estrudado, como usado nas modernas barragens de enrocamento com face de concreto.

É apresentada de forma bastante detalhada a solução e o processo construtivo adotado.

INCREASING THE HEIGHT OF SAR CHESHMEH DAM WITH AN EXPOSED GEOMEMBRANE SYSTEM

Os autores concluem que a geomembrana é um elemento de efetivo e eficiente de impermeabilização de barragens de enrocamento.

O relator gostaria que fossem apresentados os detalhes de ligação da geomembrana com o núcleo argiloso da barragem existente e com as ombreiras.



ALTEAMENTO DO MACIÇO DA BARRAGEM DO AIPIM

ASSUNTO

Alteamento de Barragem

RESUMO

O trabalho apresenta o alteamento de 3,0m da barragem do Aipim visando à melhoria da capacidade de descarga do vertedouro.

A solução adotada foi o alteamento por meio de aterro compactado com inclinação mais íngreme que as inclinações originais dos taludes da barragem.

É apresentada a solução projetada, baseada nos desenhos de projeto, e as adaptações realizadas em função das reais condições encontradas.



REABILITAÇÃO DA BARRAGEM DA UHE PEDRA

ASSUNTO

Deterioração de Materiais

RESUMO

Foram apresentados dois trabalhos sobre o tema. Inicialmente foi apresentado o projeto de reabilitação da Barragem UHE Pedra, do tipo Contrafortes onde foi detectada a presença de reação álcali-agredado (RAA) nas estruturas de concreto. O segundo relata as correções implementadas.

Para correção foram realizados cortes das juntas de expansão nos blocos adjacentes ao bloco do vertedouro que sofreram empuxo de seus pilares devido à reação álcali-agregado (RAA). Essas juntas foram monitoradas por meio de bases de alongâmetro instaladas durante o corte. Os resultados desse monitoramento foram apresentados em forma de gráfico para cada junta. O vedamento das juntas foi feito por meio de uma faixa de manta de PVC flexível, dotada de uma segunda manta entre a mesma e o concreto, para servir de dreno.

REABILITAÇÃO DA BARRAGEM DA UHE PEDRA

A instrumentação para o acompanhamento da expansão do concreto causada pela RAA foi feita com o uso de extensômetros múltiplos de hastes, pêndulo direto, marcos superficiais, medidores de vazão e medidores triortogonais. Uma planta da localização da instrumentação foi apresentada no artigo.

Os autores mostraram que a execução dos cortes de juntas de expansão foram eficientes para mitigar os efeitos da expansão do concreto sobre as comportas das extremidades do vertedouro.

O fechamento das juntas de expansão, medido durante a operação dos cortes, foi menor do que o calculado nas simulações dos modelos matemáticos, mas confirmou o padrão de ser maior na ombreira esquerda, concluem os autores.

Solicitam-se aos autores informações atuais sobre o comportamento dos reparos em relação à operação das comportas do vertedouro. 

ANÁLISE ESTRUTURAL DAS OBRAS DE REABILITAÇÃO DA BARRAGEM DE BHANDARDARA, ÍNDIA

ASSUNTO

Deterioração de Materiais

RESUMO

O trabalho apresentado descreve a ruptura ocorrida na barragem indiana de Bhandardara, em alvenaria, cujas causas estão relacionadas com problemas de fissuração e ação da pressão da água no seu interior.

A segurança estrutural foi avaliada baseando-se em cinco modelos numéricos elaborados por meio do Método dos Elementos Discretos, e em obras de reabilitação preconizadas que incluíram a utilização de ancoragens e pregagens.

ANÁLISE ESTRUTURAL DAS OBRAS DE REABILITAÇÃO DA BARRAGEM DE BHANDARDARA, ÍNDIA

Como conclusão os autores afirmaram que os modelos numéricos permitiram a modelação adequada dos mecanismos de ruptura das barragens e a avaliação das obras de reabilitação e reforço, tanto para verificação da estabilidade, como para avaliação da performance das soluções propostas. Com relação ao estudo da origem da formação da fissura, as hipóteses consideradas foram razoáveis, segundo os autores.

Com relação às obras de reabilitação, a solução proposta por meio do uso de ancoragens demonstrou efetividade, visto que garantiu a estabilidade global da estrutura. As pregagens, de forma isolada não contribuíram para o aumento da segurança da estrutura, porém o comportamento estrutural é beneficiado, já que elas restituem a continuidade da barragem.

Solicita-se aos autores informações sobre a atual situação da barragem.



REPARO DA CALHA DO VERTEDOURO DA UHE MOURÃO COM EMPREGO DE CONCRETO COM ADIÇÕES DE MATERIAL POLIMÉRICO RECICLADO

ASSUNTO

Deterioração de Materiais

RESUMO

O presente estudo observou as manifestações patológicas na UHE Mourão, cuja barragem de concreto é do tipo gravidade.

Segundo os autores do artigo, foi verificada na estrutura hidráulica de concreto a presença de elementos tais como gel expansivo, etringita, percolação e lixiviação de materiais. Constatadas tais manifestações patológicas por meio de inspeções periódicas, considerou-se a necessidade de se estudar e desenvolver materiais de reparo (MRs) destinados a recuperação da calha do vertedouro da barragem.

REPARO DA CALHA DO VERTEDOURO DA UHE MOURÃO COM EMPREGO DE CONCRETO COM ADIÇÕES DE MATERIAL POLIMÉRICO RECICLADO

Como MRs foram propostos concretos com adições de material polimérico reciclado (PET, PEBD e pneus inservíveis), comparados com concretos com adição de três materiais poliméricos industrializados.

Os autores concluíram que os MRs confeccionados com materiais poliméricos reciclados podem ser indicados para recuperação de superfícies de estruturas hidráulicas degradadas ou que apresentem manifestações patológicas.

Solicita-se aos autores esclarecer quais foram as velocidades de água a que a calha foi submetida e apresentada uma avaliação sobre os efeitos da ação do fluxo na deterioração da superfície de concreto do vertedouro em questão. Solicitam-se também informações sobre a efetividade dos MRs identificados na recuperação de superfícies de concreto de estruturas hidráulicas sujeita a velocidades



ANÁLISE DAS VAZÕES DE INFILTRAÇÕES NAS FISSURAS DA BARRAGEM DE CCR DA UHE GOVERNADOR JOSÉ RICHÁ

ASSUNTO

Controle de Infiltração pela Estrutura

RESUMO

No artigo descrevem-se o histórico das fissuras e temperaturas, os eventos e prováveis causas de ocorrência das mesmas e um resumo dos tratamentos realizados.

Foram apresentados pelos autores o acompanhamento da vazão de percolação nas fissuras de determinados blocos da barragem com a variação da temperatura ambiente e o acompanhamento da vazão de percolação total da barragem, por meio de medidores de vazão (MV's), drenos da cortina superior e intermediária, drenos de fundação e drenos de junta x temperatura ambiente.

ANÁLISE DAS VAZÕES DE INFILTRAÇÕES NAS FISSURAS DA BARRAGEM DE CCR DA UHE GOVERNADOR JOSÉ RICHÁ

Como conclusão, os autores afirmam que não existe qualquer risco adicional para a estrutura de barramento devido à existência de fissuras e, conseqüentemente, para a região população residente à jusante da barragem.

O comportamento histórico das infiltrações, segundo os autores, é sazonal com influência direta da temperatura ambiente no maciço de CCR da barragem, devido ao processo de contração e retração do concreto, abrindo e fechando as fissuras no período de inverno/verão ao longo do tempo.

De acordo com os estudos, os autores concluem que os tratamentos e intervenções efetuados nestas fissuras foram eficientes.



MONITORAMENTO/RECUPERAÇÃO DA FUNDAÇÃO DA BARRAGEM JABURU I

ASSUNTO

Controle de Infiltração pela Fundação

RESUMO

Este trabalho apresenta os trabalhos de injeção para redução e controle da infiltração pela fundação em arenito da barragem Jaburu I no estado do Ceará. Trata-se de uma barragem de terra com 46m de altura assente sobre um maciço de arenito fraturado com as descontinuidades ora abertas ora com preenchimento. É apresentado um histórico dos eventos e dos tratamentos realizados, tendo sido efetivo a injeção combinada de asfalto e calda de cimento.

Injeção com asfalto não é usual, assim o relator solicita aos autores uma explanação dos cuidados e procedimentos para injeção de asfalto.

MONITORAMENTO/RECUPERAÇÃO DA FUNDAÇÃO DA BARRAGEM JABURU I

Os autores na conclusão deste trabalho destacam a importância da monitoração por meio de instrumentação e inspeções e que as exigências de serviços de reabilitação cada vez mais serão mais exigidas em vista das exigências da nova regulamentação de segurança de barragens.



CORREÇÃO DE TRINCAS TRANSVERSAIS NA BARRAGEM PIAUS

ASSUNTO

Barragem de Terra – Trincas -percolação
Tipo de recuperação: Septo Impermeável

RESUMO

Este trabalho mostra o estudo de alternativas para correção das trincas transversais que ocorreram na barragem de terra de Piaus, situada no Estado do Piauí, em ambas as ombreiras. Trata-se de uma barragem de terra zoneada com 44m de altura construída com solos silto-argilosos de baixa plasticidade (ML) sobre fundação heterogênea.

O trabalho também detalha a alternativa escolhida, que foi a execução de uma trincheira que interceptasse as trincas com o seu reaterro com solo plástico (adição de bentonita) e preenchimento das trincas com calda de cimento.

O Relator gostaria que os autores procurassem diagnosticar a causa das trincas



GOVE DAM REHABILITATION DESIGN (ANGOLA)

ASSUNTO

Reabilitação do Aproveitamento devido a atos de sabotagem

RESUMO

A barragem de terra do Gove, com 58 m de altura, concluída em 1975, foi atingida por ações de sabotagem que provocaram danos graves nas duas galerias da barragem, no coroamento e no seu corpo e ainda na descarga de fundo e na tomada de água.

O trabalho ilustra a reabilitação do corpo da barragem junto ao encontro esquerdo, a drenagem do pé da barragem, o tratamento da fundação, o controle da erosão do paramento bem como no canal de saída das estruturas hidráulicas.

As atividades de reparação na tomada de água e na descarga do fundo, bem como o alteamento da barragem para restabelecimento de folga para situações de cheia são também referidas.



INFLUÊNCIA DO NÍVEL DO RESERVATÓRIO NAS AÇÕES DINÂMICAS PRODUZIDAS EM UMA BARRAGEM DE CONCRETO SOB AÇÃO DE SISMOS

ASSUNTO

Ferramentas para Projetos de Reabilitação

RESUMO

O trabalho apresenta uma introdução ao estudo da influência do nível do reservatório a montante de uma barragem de concreto gravidade em suas tensões solicitantes. A análise é feita nos estados estático e dinâmico, utilizando-se o Método da Gravidade e o Método Pseudo-Estático, respectivamente. O software CADAM é empregado na certificação dos resultados analíticos e o software SURFER para ilustração do comportamento da barragem nos diferentes níveis do reservatório.

Os métodos utilizados foram apresentados, bem como também o software CADAM. Os autores apresentaram um exemplo de aplicação variando-se os níveis de montante do reservatório.

INFLUÊNCIA DO NÍVEL DO RESERVATÓRIO NAS AÇÕES DINÂMICAS PRODUZIDAS EM UMA BARRAGEM DE CONCRETO SOB AÇÃO DE SISMOS

Os resultados encontrados foram apresentados no trabalho na forma de tabelas e gráficos. O software SURFER foi utilizado para o mapeamento das tensões.

Os autores finalizam concluindo que este trabalho possibilita analisar a influência do nível do reservatório nas ações dinâmicas produzidas em uma barragem de concreto gravidade sob ação sísmica. Verifica-se que a influência das ações dinâmicas pode produzir acréscimos/decréscimos da ordem de 55% nas tensões quando comparadas ao caso estático.

Solicitam-se aos autores os seguintes esclarecimentos/complementações:

Os autores compararam os resultados do estudo de caso, com a presença de sismo, com o recomendado no item 5.7 – Pressões Hidrodinâmicas Devidas a Ações Sísmicas dos “CRITÉRIOS DE PROJETO CIVIL DE USINAS HIDRELÉTRICAS – ELETROBRÁS – 1983”?



ENSAIOS PRESSIOMÉTRICOS DE MÉNARD EM MACIÇOS COMPACTADOS P/ AVALIAÇÃO DE MÓDULOS ELÁSTICOS

ASSUNTO

Ferramentas para Projeto de Reabilitação

RESUMO

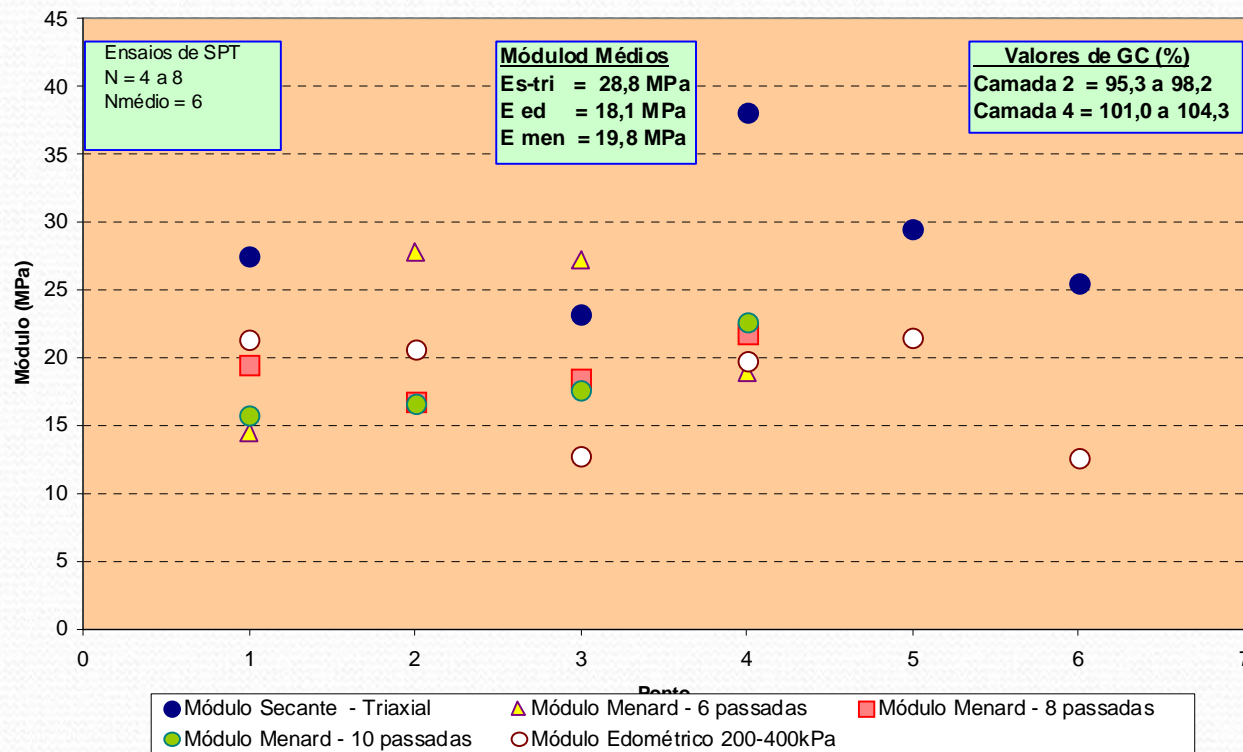
O tema tratado é a aplicação do ensaio pressiométrico de Ménard para obtenção do módulo de deformabilidade de aterros, parâmetro que pode ser fundamental para a análise de comportamento de barragens visando intervenções de melhoria ou reabilitação.

São apresentados resultados de dois aterros experimentais executados com camadas com diferentes espessuras da UHE Batalha em Goiás. Os módulos obtidos são comparados com valores calculados a partir de ensaios triaxiais e edométricos.



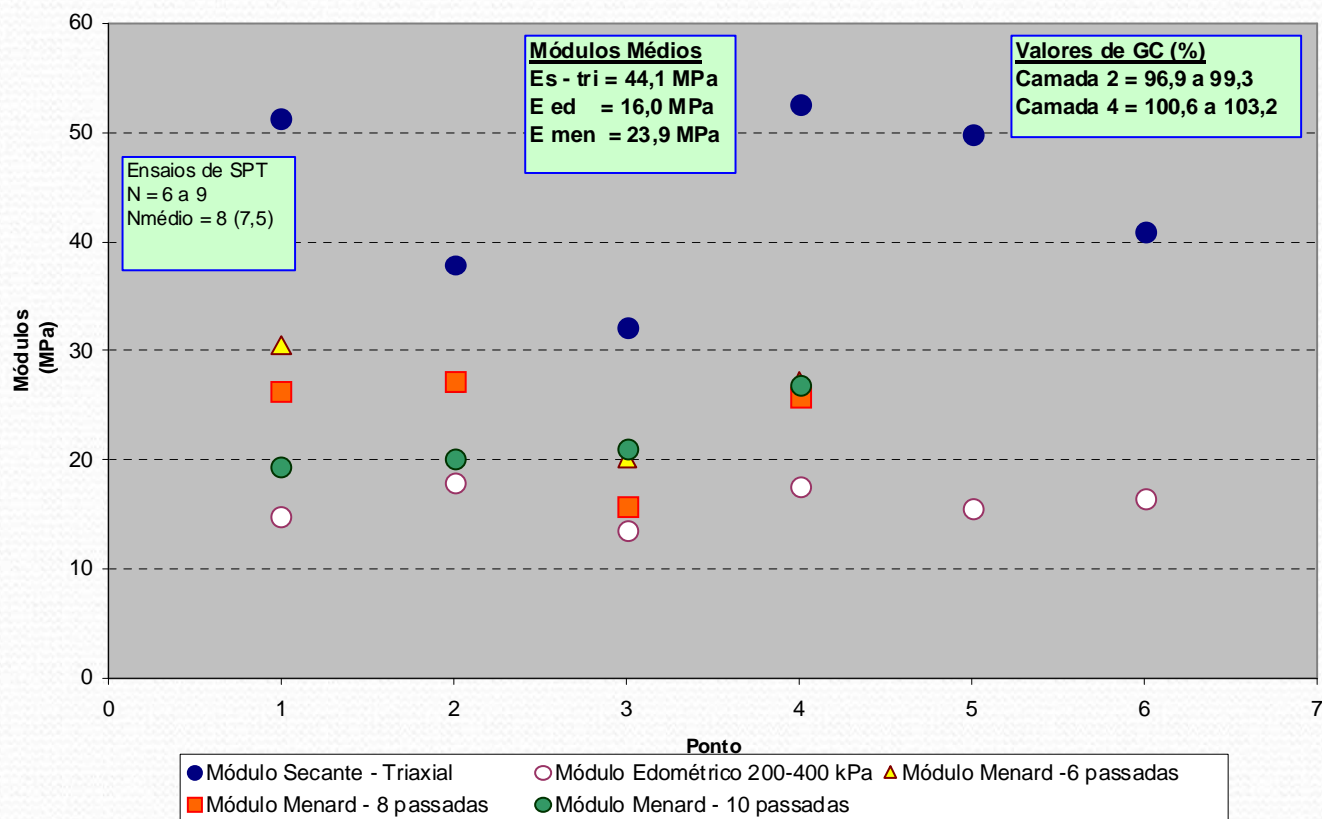
ENSAIOS PRESSIOMÉTRICOS P/ AVALIAÇÃO DE MÓDULOS ELÁSTICOS - RESULTADOS PISTA 1

Módulos da Pista P1 - Espessura da Camada = 20 cm



ENSAIOS PRESSIOMÉTRICOS P/ AVALIAÇÃO DE MÓDULOS ELÁSTICOS - RESULTADOS PISTA 2

Módulos da Pista P2 - Espessura da camada = 25 cm



INVESTIGAÇÃO GEOFÍSICA COM SP (SELF POTENTIAL) NA BARRAGEM DE CONCRETO DA UHE SALTO CAXIAS

ASSUNTO

Ferramentas para Projeto de Reabilitação

RESUMO

O trabalho apresentou o levantamento geofísico no maciço da barragem da Usina Hidrelétrica Governador José Richa (Salto Caxias) realizado no mês de outubro de 2010, que foi comparado aos levantamentos anteriormente realizados.

Segundo os autores, esses estudos tiveram como objetivo a determinação de metodologia capaz de detectar descontinuidades no corpo de uma barragem de concreto.

Os autores utilizaram como técnica para o levantamento geofísico o SP (*Self Potential*), traduzido como potencial espontâneo ou potencial elétrico natural. A técnica foi utilizada com objetivo de mapear caminhos preferenciais da água, através da técnica de eletrodo de referência fixo.

INVESTIGAÇÃO GEOFÍSICA COM SP (SELF POTENTIAL) NA BARRAGEM DE CONCRETO DA UHE SALTO CAXIAS

Como resultados foram gerados mapas de SP dos levantamentos sobrepostos a elementos das barragens. Assim foi possível o traçado de vetores indicativos de fluxo d'água, ou seja, foram determinadas possíveis interpretações do sentido do fluxo.

Os autores concluem que o método se mostrou uma excelente ferramenta de investigação (detecção e mapeamento) dos caminhos preferenciais de fluxo no talude de jusante da barragem. Além das respostas marcantes ao longo de fraturas com fluxo visível, o método apresentou bom rendimento e baixo custo tanto de execução como de investimento necessário em instrumentação.

