



Serviço : IMPERMEABILIZAÇÃO DE SOLO (BARRAGEM)



Legenda: Vista aérea da barragem com a eclusa ao centro da foto.

A impermeabilização de barragens com problemas de vazamentos exige diversos tipos de grout químico, variando do cimentício ao resinado, além de híbrido. Cada tipo de vazamento, no corpo da barragem, exige uma solução específica. Dispomos de grouts químicos desenvolvidos por nossa organização, com pega controlada, que variam de alguns segundos ao tempo necessário para pega e a impermeabilização.

Caso de obra:

A barragem de Jupiá construída para geração de energia e navegação, no rio Paraná, interliga os estados de Mato Grosso do Sul e São Paulo, através dos municípios de Três Lagoas (MS) e Andradina (SP). Foi inaugurada no ano de 1968 e tem uma capacidade de 1.411,1MW.



Serviço : IMPERMEABILIZAÇÃO DE SOLO (BARRAGEM)



Legenda: Vista geral da ensecadeira do topo da galeria de drenagem da eclusa. Ao centro da ensecadeira o maciço argiloso preenchido. Em primeiro plano, o pequeno lago originado pelos vazamentos e a grande bomba de drenagem.

Sua eclusa, construída juntamente com a barragem, só agora recebe o tratamento final para ser posta em operação. O projeto inicial da operação de eclusagem previa um escoamento da água da eclusa diretamente no rio Paraná, através do maciço de terra/rocha que compõe o dique marginal do canal de aproximação à jusante da eclusa.



Legenda: Mapa Esquemático de Barragem



Serviço : IMPERMEABILIZAÇÃO DE SOLO (BARRAGEM)



Legenda: Ensecadeira



Legenda: Ensecadeira



Serviço : IMPERMEABILIZAÇÃO DE SOLO (BARRAGEM)

Vista da ensecadeira pelo lado de jusante. Ao centro, o sistema de bombeamento procedendo a drenagem dos vazamentos que ocorriam através do trecho problemático. O principal processo de infiltração ocorria na interface da rocha (basalto) com o maciço argiloso (preenchimento).

Com este objetivo, durante os trabalhos iniciais, foi executado um corte no dique com 60m de extensão, 30m de largura e uma profundidade de 13m. Dos 13m de profundidade, os primeiros 9m são em argila silto arenosa, compactada, típica dos solos coluviais de arenito, muito comum na região, e os 4m restantes foram feitos em rocha basáltica, com derrames horizontais e sub-horizontais com zonas brechóides extramamente fraturadas inter derrames. Após o corte efetuado optou-se por modificar o projeto original, aterrando-se e obedecendo-se aos procedimentos normais de compactação.

Durante o preenchimento do corte com material argiloso compactado em camadas foram instalados piezômetros que permitiriam analisar o grau de saturação do maciço executado, além de sua estabilidade frente às pressões do rio. Os piezômetros, instalados ao longo do maciço, algum tempo depois acusaram um nível d'água próximo ao do rio, sofrendo imediata modificação a qualquer variação da lâmina d'água do Paraná, evidenciando uma comunicação direta, através do maciço executado.



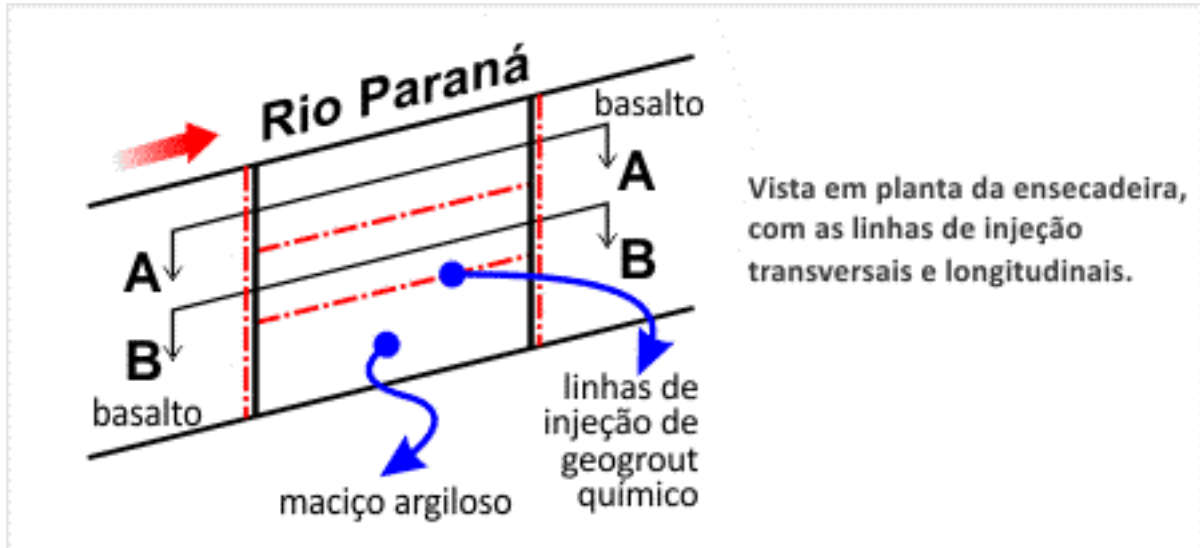
Legenda: Barragem (execução)

*A injeção sendo executada no topo da ensecadeira. Note a pequena bomba pneumática de injeção do grout químico.
Abertura de rosca na ponta de um trecho do tubo curto. A barragem de Jupirá ao fundo.*

Desta forma, qualquer atividade de escavação para retaludamento e construção das bernas de projeto estaria comprometida e mesmo, impossibilitada, em virtude do alto grau de saturação do aterro executado. Isto foi comprovado com a escavação de um poço experimental para observação, onde a água aflorou, provocando arraste de sólidos do maciço argiloso, tornando-se, portanto, um grande risco para a sua estabilidade. Este poço foi fechado imediatamente.



Serviço : IMPERMEABILIZAÇÃO DE SOLO (BARRAGEM)



Legenda: Rio Paraná



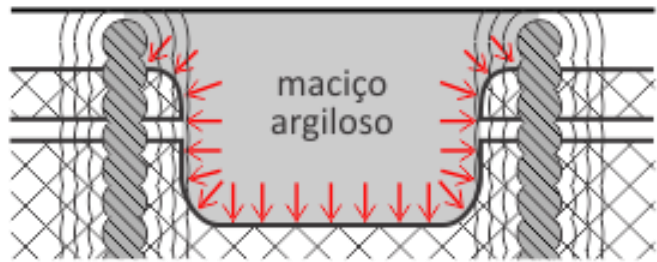
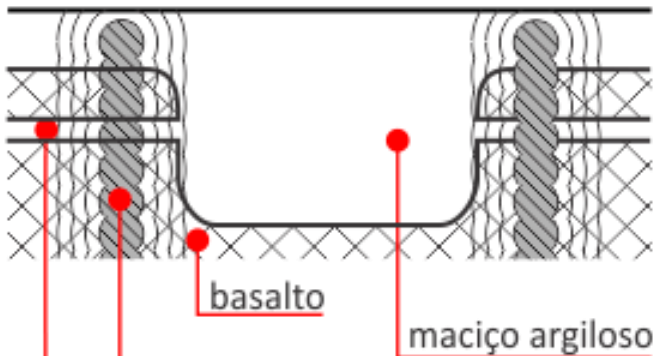
Legenda: Onde havia, anteriormente, infiltrações e o saturamento do solo e rocha há apenas sinais de grout químico. Diversas situações de erosão, da ordem de 15cm de diâmetro, provocada pelo fluxo/permeabilidade da água foram totalmente preenchidas pelo grout químico, principalmente devido ao seu grande processo de expansão.



Serviço : IMPERMEABILIZAÇÃO DE SOLO (BARRAGEM)

**CORTE AA
(sem escala)**

**CORTE BB
(sem escala)**



basalto
maciço argiloso
cortina impermeabilizante
e estabilizante no basalto

falha no basalto permitindo
grande fluxo de água em
direção ao maciço de compactado

No corte AA evidencia-se a interrupção do saturamento do maciço, através das laterais, principalmente pela falha do basalto. No corte BB, verifica-se a consolidação do maciço à rocha, ao mesmo tempo em que interrompe-se a permeabilidade, através de todo o corte, proveniente do rio, eliminando-se bolsões d'água esparsos em diversos níveis existente.



Legenda: Parte do corpo da barragem à direita. O canal de deságue da eclusa em primeiro plano, à esquerda, e a ensecadeira, à direita. Nota-se perfeitamente o trecho central do maciço argiloso do preenchimento. A perfuratriz promove a furação do terreno e rocha. A eclusa, ao fundo, e o canal de deságue, no centro. A vista é do topo da ensecadeira com linha transversal de injeção.

O interessante da CESP pela tecnologia da injeção do grout químico (PH Solo Estabilizador) fez-se então, através de diversas reuniões com o aplicador regional e o consultor responsável pela técnica no Brasil, resultando na estratégia de ataque ao problema exposta a seguir.



Serviço : IMPERMEABILIZAÇÃO DE SOLO (BARRAGEM)



Legenda: Durante os serviços de injeção, em determinado tubo, era comum a surgência de água nos tubos adjacentes, significando a sua expulsão, em função da introdução do grout químico e sua expansão, motivado pelo agente WD (deslocador d'água).

Pretendeu-se estabilizar e impermeabilizar o maciço através, basicamente, de duas linhas de injeções, impedindo o fluxo d'água através do basalto bastante fraturado, especialmente pela falha existente à meia seção da altura do corte efetuado e duas linhas de injeções ao longo do maciço, transversalmente, de modo a proceder à ligação do maciço com a rocha no fundo do corte e em toda a seção que existiam, comprovadamente, inúmeros bolsões d'água.



Legenda: Nota-se a surgência do grout químico, em estado de expansão, em furos adjacentes ao de injeção, significando o preenchimento da cortina impermeabilizante no maciço argiloso.



Serviço : IMPERMEABILIZAÇÃO DE SOLO (BARRAGEM)

A mecânica de trabalho do grout químico, com viscosidade próxima a da água (a água tem 1cps e o grout químico 25cps), é preencher os vazios existentes aliado ao seu processo de expansão (20 a 30 vezes) ativado pela própria água existente, deslocando-a, e procedendo o encapsulamento dos grãos do solo pelo aglomerante (poliuretano). Testes com misturas de argila e areia dão resistências extraordinariamente altas.

Devido a premência dos serviços, utilizou-se um rock-drill para execução dos furos, instalando-se, a seguir, tubos de ferro galvanizado de $\frac{3}{4}$ " com uma ponteira especial, de modo a impedir a penetração de terra para seu interior, na profundidade de projeto. Foram executados 87 furos, injetando-se 20 litros em cada um. Com o processo de expansão da resina, cada furo comportou de 400 a 600 litros do material expandido ou pelo menos meio metro cúbico de solo consolidado e isento d'água.

O espaçamento entre furos variou de 1,5 a 2 metros. Durante o processo de injeção, no qual utilizou-se uma bomba pneumática airless, alimentada por compressor de ar, era comum a surgência d'água nos furos adjacentes por injetar, além de outros locais, significando isto a expulsão dos bolsões d'água em função do processo expansivo, transversal já principalmente motivado pelo agente químico WD (Water Displacement – deslocadora d'água), que quebra o poder tensoativo do líquido.



Legenda: Injeção em barragem