

ACIDENTE NA BARRAGEM ENG^o ARMANDO RIBEIRO GONÇALVES, EM AÇU-RN

Enio Fernandes Amorim¹

RESUMO: O presente trabalho descreve o acidente ocorrido por ruptura do talude de montante da barragem Eng^o Armando Ribeiro Gonçalves, situada no município de Açu-RN. Neste texto, são reveladas as concepções de projetos ao longo de toda a construção, bem como a solução adotada para a recuperação do talude instabilizado.

PALAVRAS-CHAVE: Barragem, barragem de Açu, ruptura de talude.

ABSTRACT: This paper describes the accident occurred, due to rupture of the upstream slope of dam named Engineer Armando Ribeiro Gonçalves located in the city of Açu-RN. This text reveals the concepts of projects the whole time of the construction as well as the solution adopted for the stabilized slope recovery.

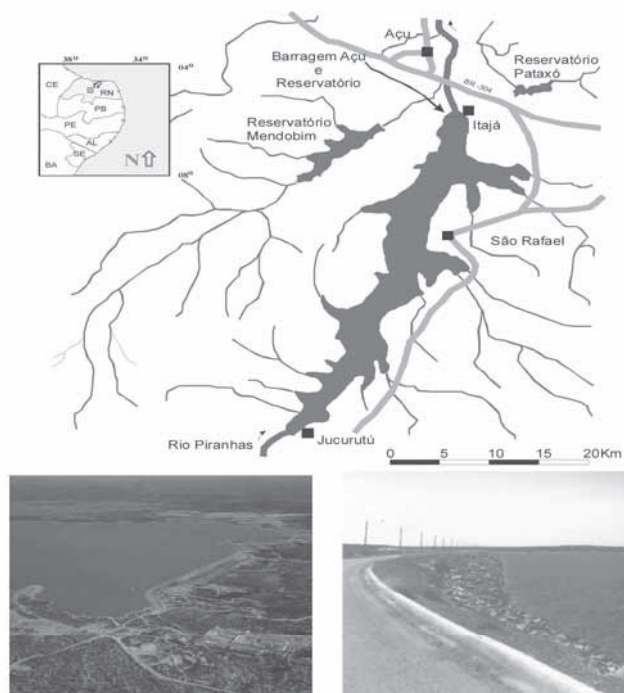
KEYWORDS: Dam, Açu dam, slope rupture.

¹ Mestre em Geotecnia, pela Universidade de Brasília (UnB); professor do Dept^o da Área de Construção Civil do IFMT – Campus Cuiabá. E-mail: enio.amorim@cba.ifmt.edu.br.

INTRODUÇÃO

O processo construtivo de uma barragem sempre foi visto como uma fase de muita cautela devido a uma gama de fatores inesperados que podem afetar o andamento da construção. Dentre estes fatores podem-se citar: problemas de fundação, condições climáticas, condição dos materiais de construção e tempo de construção. Um grande exemplo de ruptura em barragens durante o processo construtivo foi a barragem Eng^o Armando Ribeiro Gonçalves, localizada no rio Piranhas, 6 km a montante da cidade de Açu, no estado do Rio Grande do Norte. O acesso ao local é feito, a partir de Natal, pela BR-304, distando da capital cerca de 250 km. A Figura 1 ilustra a localização da barragem.

Figura 1. Localização da Barragem de Açu e Aspectos Gerais da Estrutura do Barramento.



Fonte: PEREIRA, 2005.

De acordo com o DNOCS (2002), o objetivo do açude é o suprimento de água ao Projeto de Irrigação do Baixo-Açu. São inúmeros os benefícios gerados por este projeto, destacando-se, sobretudo o aproveitamento hidroagrícola das terras aluviais do vale, assim como os chapadões dos tabuleiros das encostas, cuja irrigação promoverá o desenvolvimento agrícola em uma área com cerca de 25.000 ha, com geração de quase 12.000 empregos diretos e indiretos.

A construção da barragem Engº Armando Ribeiro Gonçalves exigiu ações complementares necessárias ao remanejamento das populações atingidas, com o enchimento do reservatório, e das infraestruturas localizadas na área inundável da bacia hidráulica. Entre as ações desenvolvidas merecem destaque: relocação da sede do município de São Rafael, com reassentamento de toda a população (730 famílias); construção de um dique de proteção à cidade de Jucurutu, com reassentamento de parte da população urbana; relocação das linhas de transmissão e do sistema viário e reassentamento da população rural (1.852 famílias) em sítios convenientemente selecionados, de modo a não paralisar as atividades agrícolas, principal fonte de manutenção e subsistência. Foram também efetivadas as indenizações das propriedades mineiras localizadas na área do lago.

DESCRIÇÃO GERAL DA BARRAGEM

GEOLOGIA E GEOTECNIA

A região da obra é representada por um complexo granítico migmatítico, com características xistosas, de coloração cinza, pouco alterado, com exceção de alguns pontos localizados. Nas ombreiras, é encoberto por um solo residual pouco espesso, envolvendo afloramentos de rochas graníticas, e no trecho da calha do rio por um pacote aluvionar, constituído de areia média grossa, amarelada, com espessura de até 26 m.

O maciço migmatítico granítico apresenta-se estruturalmente pouco a medianamente fraturado, com fraturas normalmente seladas ou preenchidas por materiais quartzo-feldspatos.

Os materiais utilizados na construção do maciço compactado foram os materiais aluvionares existentes nas margens do rio. São eles o de composição silto-argiloso (CL-CH), de coloração cinza escura; o cascalho argilo-arenoso (SC-GC), de coloração avermelhada, que ocorre em um altiplano na ombreira esquerda; o material arenoso, de granulometria média a grossa, retirado diretamente do leito do rio; o material de transição, cascalho arenoso, obtido na raspagem superficial da jazida de cascalho argilo-arenoso e o material pétreo obtido através da exploração de uma grande ocorrência de rocha granítica, na ombreira esquerda.

HIDROLOGIA

Foram admitidos como representativos para a bacia os dados pluviométricos do posto de Açú, referentes ao período 1911-1971. A bacia tributária do açude é de 36.770 km², estando incluídos nesta área, a montante da barragem, 20 açudes públicos construídos pelo DNOCS, bem como 115 açudes construídos em regime de cooperação, além de um número razoável de pequeno açudes particulares. Foi deduzida a área de drenagem correspondente aos açudes existentes e, em seguida, avaliaram-se os deflúvios remanescentes na bacia. Esta avaliação foi feita com base nos dados dos postos fluviométricos de Pau Ferrado, Sítio Vassouras, Jardim de Piranhas e Otítica II (todos dentro da bacia), sendo que o período observado foi o correspondente a 1963-1971. A aplicação desses dados ao período 1912-1963 foi realizada com base numa correlação entre os deflúvios remanescentes anuais e as chuvas correspondentes na bacia. A distribuição ao longo de cada ano foi o resultado da aplicação do padrão médio de distribuição dos deflúvios mensais ao ano, no período conhecido 1963-1971.

Os deflúvios remanescentes foram então calculados para o posto de Oitica II, com bacia tributária conhecida de 36 770 km², subtraindo-se os deflúvios relativos às descargas liberadas para os açudes públicos construídos a sua montante. Para o estudo de regularização dos deflúvios, foi realizada a operação simulada do reservatório em bases mensais, considerando-se duas alternativas: demanda alta e demanda baixa.

A seguir, o Quadro 1 apresenta as principais características hidrológicas referentes ao barramento em estudo.

Quadro 1. Dados Técnicos da Barragem Engº Armando Ribeiro Gonçalves.

Características Hidrológicas	Dados
Pluviometria média anual	570 mm
Área da bacia drenante	36 770 km ²
Volume regularizado	389 x 10 ⁶ m ³
Deflúvio remanescente	40,20 m ³ /s
Volume escoado	1.270 x 10 ⁶ m ³
Descarga média	185,5 m ³ /s
Cheia quinquentenária	5.300 m ³ /s
Cheia máxima provável	13.000 m ³ /s

Fonte: SILVA, 2004.

ARRANJO GERAL

A disposição geral das estruturas inclui uma barragem de terra fechando o vale em um boqueirão suave, com um comprimento total de 2.553 m até a posição onde se encontram os elementos extravasores, compostos de um vertedouro principal (ou vertedouro de serviço), dois diques transbordáveis e um dique fusível com três células separadas

estrategicamente. O conjunto se completa com uma tomada d'água em túnel, com extensão de 165 m, situada na margem direita.

COMPOSIÇÃO DA BARRAGEM PRINCIPAL

A barragem principal é composta de trechos homogêneos nas ombreiras e de seções zonadas na parte central do maciço, em função das características da fundação.

A fundação da barragem, na parte central do vale, é composta de sedimentos arenosos, com profundidades que excedem 20 m, com características de elevada permeabilidade. Subjacente a este aluvião ocorre um gnaíse migmatítico ocasionalmente capeado por material de alteração pouco permeável.

ASPECTOS CONSTRUTIVOS

A construção da barragem teve início em maio de 1979 e o seu cronograma previa o término das obras em fevereiro de 1982. Os trabalhos foram iniciados com a execução do dique auxiliar da margem direita do rio Açú e tiveram continuidade com a construção do canal de desvio do rio, sua respectiva ensecadeira, e das ombreiras direita e esquerda da barragem.

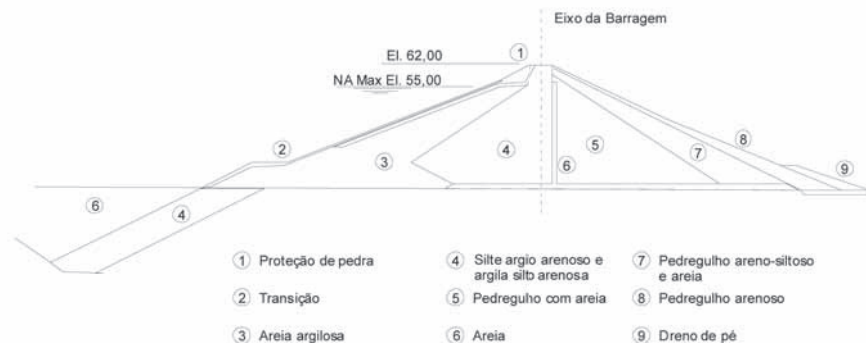
A seção-tipo inicial correspondente à barragem central é apresentada na Figura 2. Segundo Cruz (1996), na tentativa de reduzir a permeabilidade da fundação no trecho arenoso do rio, dada a existência de uma espessa camada aluvionar constituída de areia média a grossa com bolsões de pedregulho, tendo cerca de 30 m de espessura máxima até o impenetrável, a projetista Serete optou por uma trincheira de vedação tipo *cut off*, chegando até a superfície da rocha.

Cruz (1996) salientou que essa camada aluvionar revelou-se bastante fofa, permitindo prever a ocorrência de recalques nos materiais da fundação. Desse modo, o projeto do dispositivo de vedação deveria levar em

conta esse fato a fim de evitar a formação de trincas com consequente perda d' água localizada, que poderia desestabilizar a barragem. Por essa razão, o dispositivo de vedação foi projetado com material bastante plástico para suportar as deformações previstas (silte argilo-arenoso e argila silto-arenosa), localizado fora do maciço, a montante da barragem.

O posicionamento do *cut off* a montante da barragem propiciou que os trabalhos de escavação da trincheira para a sua construção pudessem ser feitos concomitantemente aos serviços de construção do barramento.

Figura 2 Seção Típica Inicial da Barragem de Açu.



Fonte: SILVA, 2004.

Em julho de 1980, uma consultoria contratada pelo DNOCS para assessoria técnica e fiscalização de construção da obra sugere a mudança de seção-tipo da barragem central, com base nos seguintes argumentos:

1. A zona de montante do aterro, sobretudo o trecho da berma que recobre a membrana impermeável da trincheira de vedação, deveria ser construída com material composto de areia de granulometria variada e argila;
2. Tal recomendação baseava-se no fato de que eram esperadas deformações apreciáveis na fundação da barragem. Essas deformações poderiam criar fissuras no corpo da berma e consequen-

temente dar origem a percolações preferenciais com elevadas descargas, podendo até desenvolver um *piping* pela fundação e provocar a ruptura da obra. Isso seria evitado se essa zona da barragem fosse construída com material suficientemente plástico, tal como o solo composto por areia de granulação variada e argila;

3. Nas jazidas da obra, ao invés dos materiais plásticos, extraíam-se agora solos mais grosseiros, com maior percentual de cascalho, com características bem menos plásticas que aqueles anteriormente referidos.

Esses materiais foram especificados pela projetista para emprego no espaldar de jusante da barragem, levando-se em conta as deformações esperadas na fundação. A aplicação desses materiais na berm era totalmente inadequada. Sendo assim, O DNOCS acatou a proposta da consultoria e os trabalhos tiveram continuidade tendo por base a seção-tipo modificada apresentada na Figura 3.

A nova seção, proposta pela Hidroterra, contemplava o emprego dos materiais silto-argilosos (previstos pela projetista Serete para serem aplicados, separadamente, no núcleo da barragem e no *cut off*) na base da seção transversal, formando uma ligação contínua entre as estruturas antes referidas (CRUZ, 1996).

Figura 3. Seção Típica Modificada da Barragem de Açú.



Fonte: SILVA, 2004.

DESCRIÇÃO DO ACIDENTE

Em dezembro de 1981, quando a construção do aterro da barragem central encontrava-se com aproximadamente 35 m de altura, faltando apenas 5 m para atingir o nível final de projeto, ocorreu a ruptura do talude de montante da barragem.

O primeiro sinal do acidente foi notado com o aparecimento de fissuras na praça de construção, de forma não contínua, ao longo da linha que define a superfície de jusante do núcleo da barragem. Logo após este instante, verificou-se que essas fissuras estabeleceram continuidade numa longa extensão. Em seguida, observou-se o aparecimento de novas fissuras paralelas às anteriormente mencionadas e também o progressivo aumento de suas espessuras. Começou então o movimento descendente do talude de montante da barragem, acompanhado da movimentação de sua berma, desenvolvendo-se de forma contínua na extensão de, aproximadamente, 600 m. Do instante da observação das primeiras fissuras até a ruptura do talude de montante se passaram 30 minutos (CRUZ, 1996).

Com a ruptura, o nível do maciço acidentado ficou 15 m abaixo da cota do aterro não envolvido no deslizamento, e ocorreu o deslocamento horizontal do pé do talude de montante da barragem em aproximadamente 25 m de extensão. O acidente mobilizou mais de 800.000 m³ de solo e enrocamento.

Segundo Cruz (op. cit.), após o acidente, o DNOCS contratou a empresa Tecnosolo – Engenharia e Tecnologia de Solos e Materiais S. A. – para realizar serviços visando identificar as causas da ruptura, elaborar o projeto de recuperação da obra (reprojeto da barragem) e supervisionar sua reconstrução.

Em janeiro de 1982, a Tecnosolo e os consultores apresentaram o resultado das investigações até então realizadas:

- A superfície de escorregamento do talude estava alojada dentro do material do núcleo, inclusive no trecho em que ele se liga à membrana impermeável do *cut off*;

- Na superfície de escorregamento, o material apresentava-se, segundo aspecto visual, com umidade superior à ótima, bastante plástico e com laminação intensa.

Cruz (1996) relata que diversos poços de inspeção foram abertos a partir da superfície do aterro acidentado. Foi possível, com isto, coletar blocos de amostras indeformadas dos solos envolvidos no acidente e traçar a superfície de ruptura. Esta foi apresentada como sendo de forma composta: curva dentro do maciço do núcleo, evoluindo para a configuração plana e horizontal no trecho que liga o núcleo ao *cut off*.

O relatório final sobre as causas do acidente, segundo nota oficial publicada pelo DNOCS na imprensa nacional em março de 1982, "atribui o escorregamento às sobrepressões neutras desenvolvidas no material argiloso preto que constitui o núcleo e a parte inferior da berma de montante; os referidos elementos do maciço foram construídos de acordo com o projeto tipo alterado após o início da obra" (MEIRA, 1982, p. 3). A Figura 4 retrata a seção transversal da barragem central acidentada.

Figura 4. Seção da Barragem de Açu após Ruptura.



Fonte: SILVA, 2004.

RECUPERAÇÃO DA BARRAGEM

A partir de 20 de abril de 1982 a equipe técnica encarregada do re-projeto concentrou-se no detalhamento das obras do maciço. O DNOCS optou pela remoção de todos os materiais envolvidos no escorregamento.

A escavação desses materiais alcançou o volume de 1.200.000 m³ e todos eles foram lançados e compactados a montante da berma de recobrimento da trincheira de vedação, constituindo um longo tapete que se estende até 600 m a montante do eixo da barragem.

O novo maciço da barragem central foi do tipo homogêneo e construído com o cascalho areno-argiloso, existente em grande quantidade no local. Foi projetado um filtro vertical inclinado, com espessura de 4,5 m, alcançando a cota 60,70 m (nível *máximo maximorum* do reservatório).

No intuito de monitorar a barragem durante a sua reconstrução, por ocasião do seu primeiro enchimento e na sua fase de operação, a barragem foi instrumentada no trecho dentro do qual ocorreu o acidente. Tal instrumentação foi realizada por meio de: marcos superficiais, extensômetros magnéticos, medidores de nível d'água, inclinômetros, piezômetros pneumáticos e piezômetros de tubo aberto (tipo Casagrande).

A Figura 5 ilustra a magnitude da ruptura do talude de montante da barragem de Açú, podendo-se visualizar o material do núcleo onde se desenvolveu o mecanismo de ruptura.

Figura 5. Vista da Ruptura do Talude de Montante da Barragem de Açú.



Fonte: SILVA, 2004.

CONCLUSÕES

Durante o processo construtivo de uma barragem deve-se fazer um monitoramento frequente em todas as suas fases, realizar projetos bem especificados e definidos, conforme profissionais técnicos experientes, e fazer uso de materiais de qualidade, para que seja preservada a integridade dessa magnitude de obra de engenharia. Além disso, os impactos que a ruptura de uma barragem pode proporcionar ao meio ambiente devem ser encarados de forma séria, pois este fenômeno tende a ser bastante catastrófico.

REFERÊNCIAS

- CRUZ, P. T. *100 barragens brasileiras* – casos históricos, materiais de construção e projeto. São Paulo: Oficina de Textos, 1996. 647 p.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS (DNOCS). Aqude Açú. *Relatório técnico*. Natal, 2002. 10 p.
- MEIRA, Olyntho José. As secas do Nordeste, suas causas e remédios. *Jornal Mossoroense*, Mossoró-RN, p. 3, 1982.
- PEREIRA, D. A. *Previsão de poropressão construtiva em barragens via simulação numérica*. Brasília, 2005. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Deptº de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília. 112 p.
- SILVA, J. D. Barragem Engº Armando Ribeiro Gonçalves – acidente e reconstrução (Rio Grande do Norte, 1981). *Artigo técnico*. Brasília: UnB, 2004. 8 p.