

BARRAGEM CAMARÁ – PB: O DEPLECIONAMENTO EVITARIA A CATÁSTROFE?

Francisco J. Sarmiento¹; Pedro A. Molinas²

Resumo – No presente artigo é analisado o efeito do deplecionamento da Barragem Camará – PB, como procedimento recomendável à redução da subpressão sobre o sistema estrutural maciço – fundação, utilizando como base o modelo HEC – HMS do U.S. Army Corps of Engineers. A parametrização temporal da tomada de decisão de abertura da comporta da barragem é apresentada para o período compreendido entre o início da estação chuvosa de 2004 (janeiro) até a catástrofe de ruptura da rocha constitutiva da ombreira esquerda, ocorrida em 17/06/2004.

Abstract –In the present paper the effect of Camará's Dam - PB depletion is analyzed, as advisable procedure to the reduction of the subpressure on the massive structural system - foundation, using as base the model HEC - HMS of U.S. Army Corps of Engineers. The temporal parametrization of the decision making process of opening the Gate's Dam is presented for the period starting in the rainy station of 2004 (January) until the catastrophe happened in 17/06/2004, the rupture of the constituent rock of the left abutment.

Palavras-Chave – Operação de Reservatórios, HEC-HMS, Segurança de Barragens

HISTÓRICO

Com uma capacidade de armazenamento máxima de cerca de 26,5 milhões de m³, a barragem de Camará (Alagoa Nova – PB) foi construída em Concreto Compactado à Rolo (CCR) no período de maio de 2000 a dezembro 2002, data do recebimento oficial da obra, para analisar aspectos construtivos da mesma recomenda-se ver Holanda et ali [1]. Desde sua conclusão, os baixos índices de precipitação fizeram com que o reservatório associado a barragem permanecesse até janeiro de 2004 com armazenamentos médios de apenas 7% de sua capacidade máxima.

¹ Engenheiro Civil, Mestre em Recursos Hídricos, Doutor em Engenharia Civil e Professor Adjunto da Universidade Federal da Paraíba: Centro de Tecnologia, Palácio do Planalto, Anexo 2, Sala 44, Brasília, DF. E-mail: sarmiento@planalto.gov.br.

² Engenheiro e Mestre em Recursos Hídricos e Sócio Diretor da Acquatoool Consultoria S/S Ltda., Av. Dom Luís 300, Sala 707, Meireles, Fortaleza, CE. E-mail: molinas@secrel.com.br

O comportamento atípico das chuvas a partir de janeiro de 2004 em todo o nordeste brasileiro fez com que o nível de armazenamento da barragem se elevasse mês a mês, chegando a alcançar um volume de aproximadamente 67% do volume máximo acumulável na data da ruptura do conjunto estrutural rochoso formador da ombreira esquerda, na noite de 17 de junho de 2004, liberando grande parte dos cerca de 18,5 milhões de m³ armazenados, fazendo 6 vítimas fatais e provocando imensos prejuízos nas zonas rural e urbana dos municípios de Alagoa Grande (PB) e Mulungú (PB), com sedes municipais localizadas na margem do rio Riachão afluente do rio Mamanguape, na região do brejo paraibano.

Em janeiro de 2004, segundo dados oficiais do Laboratório de Meteorologia, Recursos Hídricos e Sensoriamento Remoto da Paraíba – LMRS-PB, responsável pelo monitoramento do nível dos açudes na Paraíba, mantido pela Secretaria do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e Minerais da Paraíba – SEMARH-PB, a barragem Camará acumulava 9,64% de sua capacidade máxima (2.561.839 m³).

As informações sobre a acumulação de água nos meses de fevereiro, março e abril de 2004 não consta no site do LMRS-PB, pois, segundo informações oficiais divulgadas na imprensa, as réguas limnimétricas haviam sido roubadas. Para 31 de maio, o referido site voltou a registrar o volume do reservatório: 60,4% de sua capacidade, ou seja, um volume de 16.054.722 m³. Em junho, a última leitura registrava, dias antes da ruptura, um volume de 64,5%, ou seja, cerca de 17 milhões de m³.

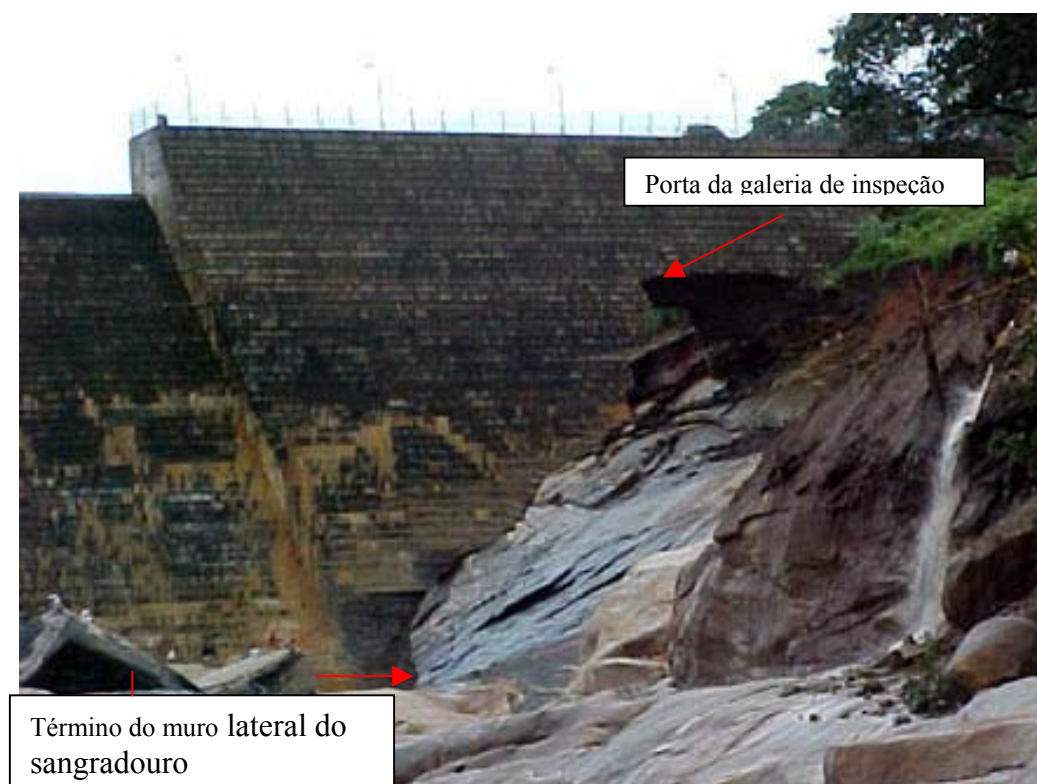
Embora ainda não se disponha de laudos técnicos especializados, incontestemente é que o rompimento ocorrido foi na rocha integrante da ombreira esquerda e não no maciço da barragem conforme atesta a comparação entre as fotografias 1 e 2 mostradas a seguir. Como pontos de referência, são identificados, em uma e outra fotografia, a porta de entrada da galeria de inspeção antes e após a ruptura.

Uma observação apurada de uma geometria próxima da forma triangular do maciço da barragem na sua parte apoiada na ombreira esquerda concomitantemente à imagem da fotografia 2 mostra que o material ausente é praticamente, em sua totalidade, a rocha que compunha o apoio da barragem naquela ombreira.

A fotografia 3, também obtida no dia seguinte ao acidente evidencia o nível máximo atingido pelas águas, a aproximadamente 5,5 metros abaixo da cota do sangradouro, ou seja, na cota 455,5 m, equivalendo a um volume de 18.547.615 m³, ou 67,3% da capacidade máxima de 26.581.614 m³ da barragem.



Fotografia 1: Camará em Fevereiro de 2004



Fotografia 2: Camará em 18/06/2004



Fotografia 3: Vista de montante de Camará em 18/06/2004

EVOLUÇÃO DO ARMAZENAMENTO DA BARRAGEM

A figura 1, a seguir mostra a evolução do armazenamento da barragem desde junho de 2003 até o dia da catástrofe. Conforme mencionado, embora as volumes armazenados em Camará nos meses de fevereiro, março e abril de 2004 não tenham sido disponibilizados no site do Governo do Estado da Paraíba, permaneceu registrada a chuva medida na região em outra parte do mesmo site, permitindo assim, a avaliação dos volumes armazenados nos meses sem dados.

O preenchimento das falhas nos meses de fevereiro, março e abril resultou da distribuição da diferença entre os volumes disponibilizados no site do Governo do Estado da Paraíba nos meses de janeiro/04 e maio/04, ponderada pela precipitação registrada na área, obtida do mesmo site. A figura 2 mostra as precipitações mensais de janeiro a maio de 2004 segundo informou a mesma fonte, cotejadas com os valores médios históricos.

Conforme mostram os dados oficiais, a partir de janeiro de 2004, em virtude das fortes precipitações registradas em toda a região, que chegaram a superar em 400% os valores médios para o mês de janeiro e em 200% a média correspondente ao mês de fevereiro, o reservatório de Camará iniciou o processo de acumulação, alcançando pouco mais de 2,5 milhões m^3 no final de janeiro de 2004 e chegando ao dia do colapso com pouco mais de 18,5 milhões de m^3 no dia 17/06/2004.

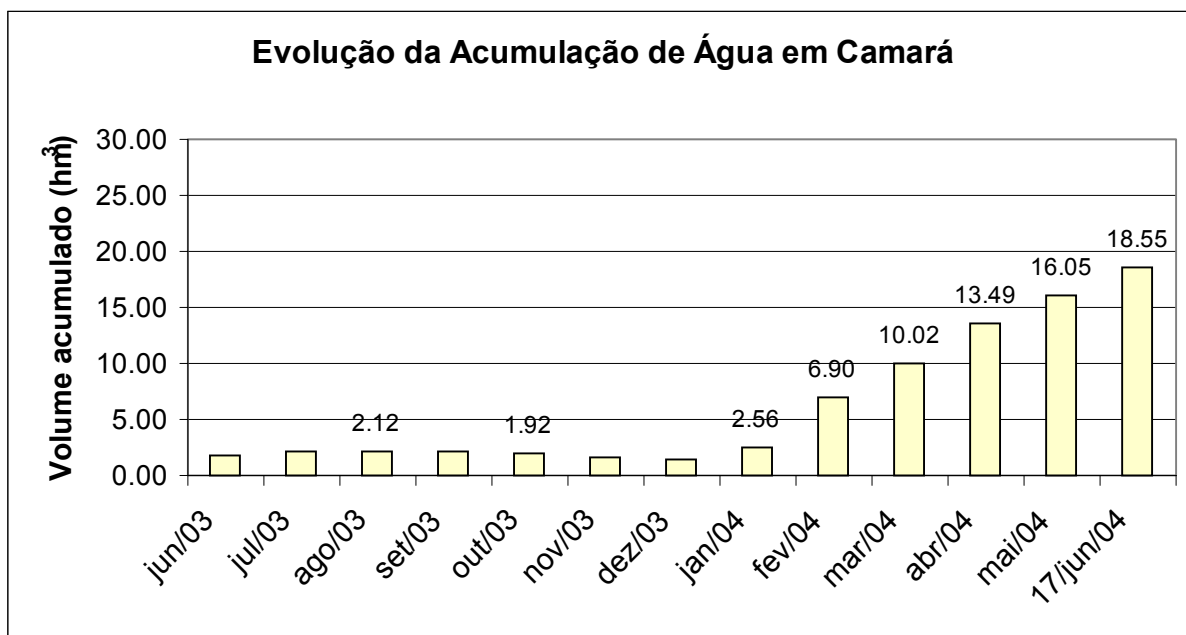


Figura 1: Evolução da acumulação de água no reservatório de Camará

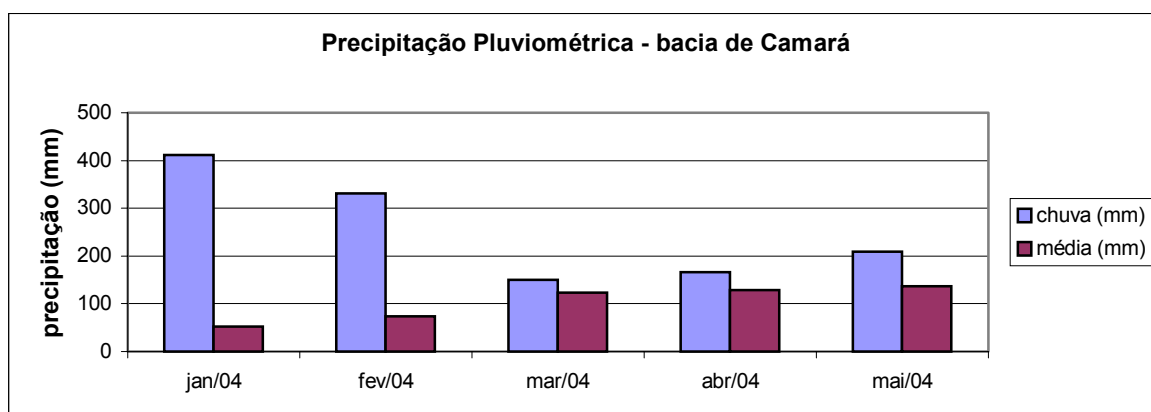


Figura 2: Análise comparativa dos valores precipitados em 2004 com relação às médias históricas da região.

OS SINAIS DA CATÁSTROFE

A barragem de Camará, conforme recomendam os manuais de engenharia de construção de obras deste tipo (ver Bureau of Reclamation [2]), conta com uma galeria de inspeção e drenagem. Esta galeria, construída dentro do próprio maciço da barragem, percorre a mesma no sentido longitudinal. Associado a mesma se encontram duas baterias de drenos. Uma primeira bateria de drenos tem a função de colher as águas percoladas nas juntas de dilatação do paramento de montante da barragem, uma segunda bateria de drenos tem por função drenar a fundação da barragem com objetivo de aliviar a subpressão exercida sobre o maciço pelo fluxo de águas através da fundação.

A galeria também permite que possam ser inspecionados os referidos drenos, principalmente os associados ao adequado alívio da subpressão que atua sob a barragem, bem como a observação da ocorrência de resíduos sólidos que eventualmente sejam conduzidos com as águas provenientes do alívio da subpressão. Obviamente que, estando a barragem vazia ou quase vazia, a galeria de inspeção pouco ou nada tem a informar.

A nitidez da marca deixada pela água (assinalada na fotografia 3), indica que a barragem se manteve um certo tempo no nível mostrado. Havendo a ombreira rochosa rompido quando o nível d'água superou a cota 455,5 m, assim podemos considerar que este era o limite de suporte da estrutura geológica que cedeu com a pressão hidráulica adicional que passou a atuar na barragem e na fundação (considerando um processo de ruptura sem grande elasticidade ao longo do tempo).

A perda da estabilidade da ombreira esquerda não se deu, entretanto, sem mostrar seus sinais ao longo dos meses de enchimento, pois comprovadamente tais acidentes não ocorrem abruptamente e esta é uma das razões da pertinência de se dispor de uma galeria de inspeção interna ao maciço da barragem, dispositivo seguro à presença de técnicos e trabalhadores no seu interior.

Em outras palavras, a constatável ocorrência de problemas na fundação e/ou interfaces de barragens como Camará, evidenciam-se lentamente através do comportamento dos drenos, indicando a necessidade de providências corretivas, que, se detectadas convencionalmente através de uma rotina sistemática de manutenção e monitoramento da galeria de inspeção e drenagem, poderão redundar em providências adequadas (necessidades de mais injeções, reforço de fundação, etc).

No caso de Camará, a partir das fortes chuvas iniciadas em janeiro de 2004, com a elevação do nível de armazenamento da barragem, a galeria de inspeção passou a evidenciar o comportamento anômalo do sistema barragem/fundação: fluxo excessivo d'água através dos drenos, inclusive artesianismo, e carreamento de material sólido, fatos registrados nas fotografias 4 e 5.

Em 10 de fevereiro de 2004, a presença excessiva de água na galeria de inspeção (observada por moradores da área), motivou o envio de engenheiro da SEMARH com o objetivo de vistoriar a galeria (segundo depoimentos colhidos pelo Ministério Público Federal e Ministério Público Estadual [3]. A barragem começou a evoluir para o seu enchimento já com as tempestades caídas em janeiro de 2004 e, a medida que o nível d'água se elevava, evidentemente aumentava a subpressão e, proporcionalmente, o fluxo através dos drenos de alívio da fundação, apesar de relatos documentais sobre obstrução de parte destes drenos.



Fotografia 4: Artesianismo de um dos drenos da ombreira esquerda em 10/03/2004



Fotografia 5: Setor da galeria de inspeção e drenagem alagado e com material carregado no fundo em 10/02/2004

De um modo geral, pode-se assegurar que a maior frequência de problemas surgem nas barragens durante o enchimento dos reservatórios associados, em particular durante o primeiro enchimento.

No caso da catástrofe de Camará é incontestado que o Governo do Estado da Paraíba é o único responsável pela operação e manutenção dos seus reservatórios segundo a Lei Federal 9.433/97, dado que a referida obra foi construída em um afluente de uma bacia hidrográfica estadual (bacia do rio Mamanguape), segundo definição adotada pela legislação brasileira, não cabendo, portanto, quaisquer ingerências da Agência Nacional de Águas – ANA, cuja atuação ocorre em rios cujas águas são de domínio federal.

Por outro lado, a postergação ou a não adoção de providências cuja percepção de necessidade é evidenciada pelo monitoramento das barragens responde, na maioria dos casos, pela evolução de situações relativamente comuns de serem solucionadas, para situações mais graves e, no seu limite, incontornáveis, porém isentas de ceifar vidas humanas, desde que, pelo menos o alerta da Defesa Civil seja dado.

No caso específico da barragem de Camará, o deplecionamento do reservatório parametrizado no tempo pela tomada de decisão da abertura de comporta, válvula dispersora ou desmonte desta última é analisado a seguir, enfatizando que o mesmo, seria segundo os autores a principal ação preventiva a ser adotada num caso de funcionamento anômalo do sistema de drenagem e alívio de subpressão.

EFEITO DO DEPLECIONAMENTO DO RESERVATÓRIO

A barragem de Camará é dotada de uma comporta com tubulação principal em aço com diâmetro de 800 mm, instalada em uma galeria acessível (4m x 4m), construída sob o maciço, e terminando em uma válvula dispersora com diâmetro de 400 mm. Para o aproveitamento da área de passagem integral dos 800mm seria necessária a remoção do trecho reduzido entre o final do tubo de 800mm e o trecho no qual está instalada a válvula dispersora.

O efeito deste simples procedimento será tratado a seguir utilizado-se para tanto o procedimento oficializado pelo *Federal Emergency Management Agency (FEMA) (Agência Federal de Gerenciamento de Emergências)* [4], órgão do governo norte-americano ligado ao *U.S. Department of Homeland Security (Defesa Civil dos Estados Unidos)*, que trata de catástrofes como terremotos, maremotos, tornados e inclusive providências relacionadas com ruptura de barragens.

A FEMA, adota de maneira oficial o sistema computacional HEC-HMS [5], desenvolvido pelo U.S. Army Corps of Engineers (Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos da América) como software de categoria 1 para avaliação de riscos de cheias. A adoção deste sistema computacional de simulação como categoria 1, em outras palavras, implica que os resultados por ele obtidos não exigem avaliações adicionais e possuem valor jurídico nos Estados Unidos da América.

A aplicação do software HEC-HMS para o cálculo de deplecionamento foi feita para intervalos de tempo horário, de onde se extraíram os resultados acima apresentados. A curva de esvaziamento do reservatório obtida, para a hipótese de remoção da válvula dispersora e a disponibilização de uma seção de 800 mm de diâmetro nominal são apresentados na Figura 3.

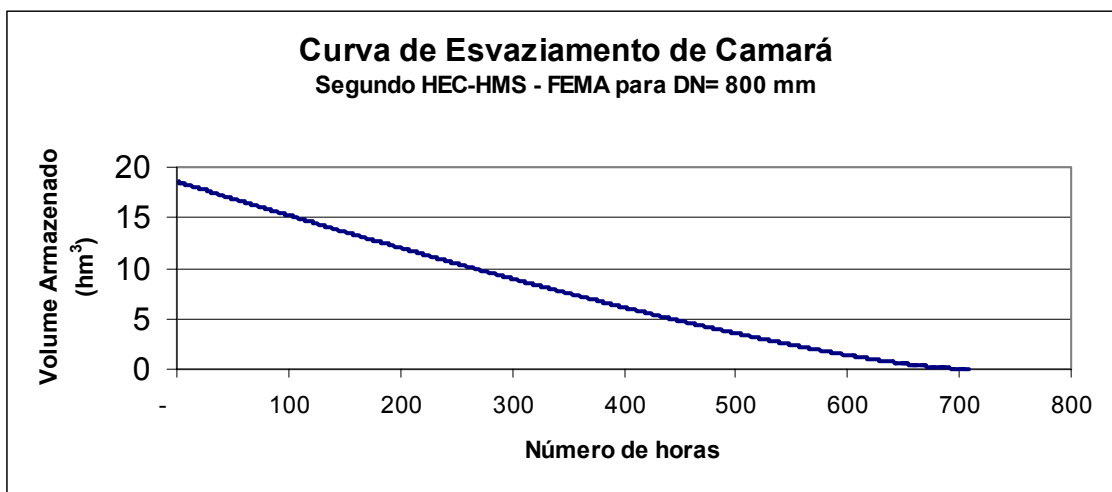


Figura 3: Curva de esvaziamento do reservatório de Camará sob a hipótese de remoção da válvula dispersora e a disponibilização de uma seção nominal de 800 mm.

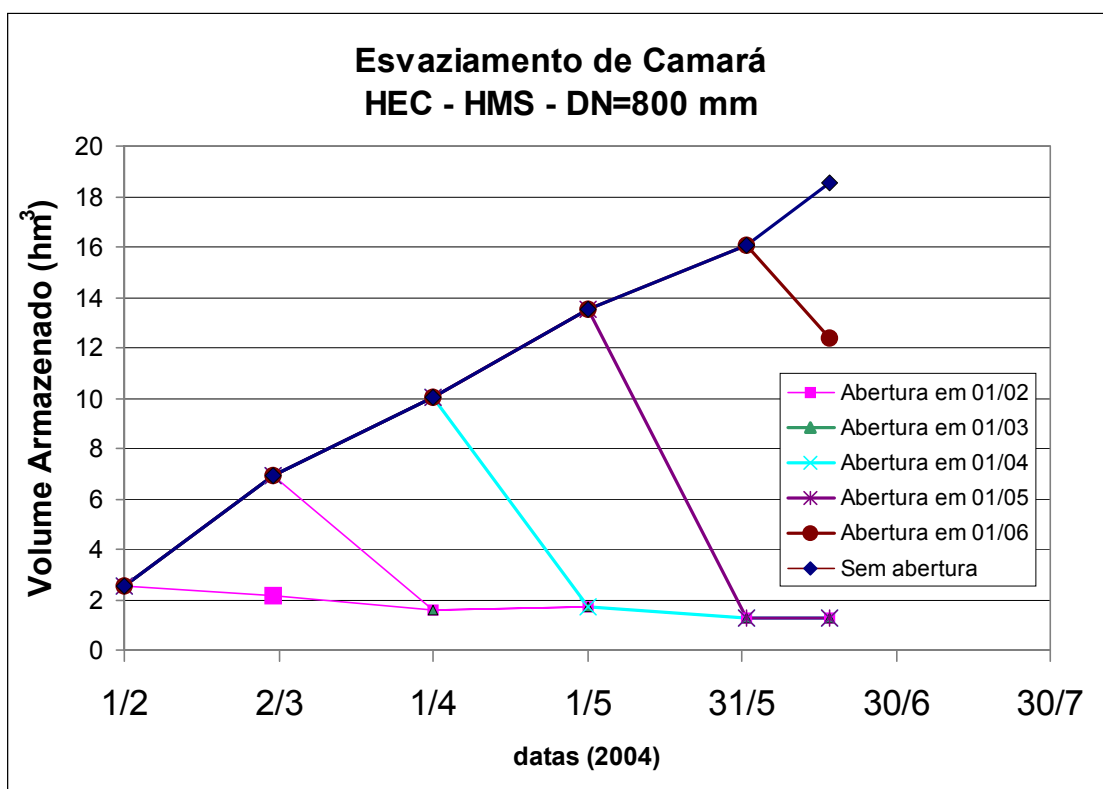


Figura 4: Parametrização temporal da tomada de decisão de deplecionamento do reservatório de Camará

A parametrização temporal da tomada de decisão de deplecionamento do reservatório é mostrada na Figura 4. As curvas construídas mostram várias situações: a não abertura da comporta que levou o armazenamento de até mais de 18 milhões de metros cúbicos no dia da ruptura e as hipóteses de abertura da comporta em 01/fevereiro, 01/março, 01/abril, 01/maio e 01/junho.

Mesmo que houvesse sido adotada a decisão tardia de abertura da comporta em 01/06/2004, na data da ruptura (17/06/2004), a barragem estaria com pouco mais de 12 milhões de metros cúbicos, ou seja, um armazenamento próximo ao que havia em abril, quase 60 dias antes da ruptura e aparentemente com carga hidráulica inferior à crítica de ruptura.

CONCLUSÕES

No presente artigo, com base na cronologia documental, englobando o período desde a constatação do problema na ombreira esquerda da barragem Camará em Alagoa Nova – PB, através da galeria de inspeção e drenagem em 10/02/2004 até o desastre ocorrido em 17/06/2004, fica demonstrado tecnicamente que uma simples manobra de desmonte da válvula dispersora e a utilização da tubulação de descarga da própria barragem para esgotar a mesma, poderia ter reduzido o nível de armazenamento evitando, certamente, além da perda de vidas humanas e grandes prejuízos econômicos em Alagoa Grande e Mulungú, a preservação da própria ombreira e, conseqüentemente, da barragem, permitindo assim um estudo, em condições não emergenciais, para orientar correções ou reforços na zona geológica vulnerável, detectável durante o monitoramento do enchimento da barragem.

O âmbito técnico-científico de inserção do presente trabalho não comporta quaisquer avaliações ou ilações sobre como este tema será abordado na esfera judiciária ou política. Entretanto, tem-se como oportuna uma breve reflexão sobre a importância da participação de técnicos em determinados níveis institucionais de tomada de decisão na área de Recursos Hídricos.

Embora não se entenda como imprescindível a presença de técnicos no topo no escalão das instituições governamentais criadas com o intuito de conduzir as Políticas de Recursos Hídricos nos estados da federação, a consideração da preservação de um âmbito de domínio exclusivo da dimensão técnica representa *per si* o reconhecimento da necessária seriedade com a qual questões como a da água merecem e devem ser tratadas, tanto da perspectiva do que ela representa beneficentemente para a sociedade como a devastação que pode causar em determinadas situações.

Por outro lado, as Políticas de Recursos Hídricos, inclusive seus aspectos estruturais, como a construção, manutenção e monitoramento de barragens devem ser entendidos como políticas “de estado” e não “de governo”, entendendo-se que as mesmas devem ser permanentes, contínuas e, se possível, sujeitas a procedimentos normatizados que minimizem os riscos de o adiamento ou a não adoção de medidas emergenciais típicas em situações de risco de colapso de uma barragem.

A lição da natureza no caso da barragem de Camará têm sido extremamente dura, as perdas materiais e humanas decorrentes da não adoção de medidas emergenciais devem servir de exemplo para a pronta adoção de procedimentos padronizados que orientem os tomadores de decisões em situações deste tipo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Holanda, F. G.; Alonso, C.; Meireles M. A.; da Silva E. J.; “Barragem de Barra de Camará – Processos Construtivos em CCR”; 45º Congresso Brasileiro do Concreto – Vitória – ES – agosto de 2003
- [2] Bureau of Reclamation, U.S. Department of de Interior; “Design of Small Dams”, Terceira Edição; Denver – CO - USA; 1987
- [3] Depoimento do Engenheiro Francisco Leonam da SEMARH ao Ministério Público em 10 de agosto de 2004, documento constante da investigação em andamento sobre o arrombamento da Barragem de Camará.
- [4] FEMA, Flood Hazard Mapping, Automated Hydrology and Hydraulics (H&H), (2004), www.fema.gov.
- [5] Hydrological Engenieering Center, HEC-HMS - Hydrologic Modeling System,(2004), www.hec.usace.army.mil.