**IMPORTÂNCIA DO ESTUDO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PARA O ROMPIMENTO DE BARRAGENS: O caso da ruptura da barragem de Teton, EUA [[1]](#footnote-1)**

Julianna Medeiros Ribeiro da Silva e Marianna Mousinho de Lacerda[[2]](#footnote-2)

Ingrid Tavares [[3]](#footnote-3)

**RESUMO**

Neste trabalho foi discorrido sobre os tipos de barragens e suas aplicabilidades, fazendo uma breve explicação sobre barragens convencionais, ou seja, de concreto e terra, e não convencionais. Foi realizado um estudo sobre os riscos apresentados em barragens, demonstrando um histórico sobre desastres já ocorridos. Também, estudou-se sobre a criação das regras da Legislação Brasileira para a avaliação dos riscos no âmbito de gerenciamento do risco em barragens. Finalmente, estudou-se o caso da ruptura da barragem de Teton, dando ênfase na importância do estudo geológico-geotécnico do local como uma das principais falhas no projeto da barragem, assim como a má prevenção dos perigos de infiltração presentes.

**Palavras-chave: Barragem. Ruptura. Riscos. Desastres. Acidentes. Teton.**

**1 INTRODUÇÃO**

A barragem é um tipo de construção que pode ser descrita como uma estrutura transversal observada em rios, lagos ou córregos com intuito de represar água, pluvial e fluvial. Esse represamento pode ser com objetivo de armazenar a água para seus devidos fins, como irrigação, abastecimento de água e outros e como também para a geração de energia elétrica, por meio das usinas hidrelétricas.

É um tipo de construção bastante utilizado mundialmente e fontes históricas datam que havia barragens simples de terra desde 2000 a.C. com intuito de armazenar água para sobrevivência dos povos de acordo com CICB (2008 apud Araújo, 2014). Dessa forma, é possível perceber sua importância e a necessidade de realizar um estudo geológico aprofundado para que não haja acidentes e nem riscos.

Assim, como objetivo geral deste ensaio, pretende-se discutir os riscos de acidentes de rompimentos de barragens, dando ênfase na importância do estudo geológico-geotécnico do local como forma de prevenir possíveis acidentes causados por falhas geotécnicas. Além disso, realizar o estudo do caso da ruptura da barragem de Teton, nos EUA, com base nos fundamentos já citados.

Sendo mais específico, têm-se como objetivos, fazer um levantamento bibliográfico para fundamentar a investigação;detalhar o mecanismo de funcionamento das barragens, seus tipos e aplicabilidades;realizar um estudo histórico sobre os acidentes em barragens;conceituar os riscos existentes referentes ao rompimento das barragens;destacar a importância do estudo geológico-geotécnico como prevenção de rompimentos das barragens por falhas geológicas;abordar a Legislação Brasileira referente às diretrizes para construção de barragens: Lei n°12.334/2010; enfatizar o estudo do caso da ruptura da barragem de Teton, EUA, realizando um estudo bibliográfico do seu solo e rochas constituintes;e por fim, analisar as possíveis causas geotécnicas do acidente na barragem de Teton, identificando as potenciais falhas geológicas.

O assunto abordado neste trabalho é interessante, pois enfatiza tanto o estudo geológico do solo quanto a influência que este tem na Engenharia Civil. Tal importância se dá pelo fato de que na Construção Civil, a característica e a composição do solo presente no terreno são de grande importância para a escolha do tipo de fundação que será utilizada na obra.

A construção de barragens beneficia a vida humana em diversos setores, tais como armazenamento e abastecimento de água, que podem proporcionar a irrigação de terras em períodos de seca. Porém, para que se construa uma barragem, é necessário um estudo prévio do terreno e de suas peculiaridades, para que se possa projetar uma fundação apropriada para aquele tipo de solo. Caso contrário, é possível que ocorra um rompimento da barragem pela água, acidente de alto risco para quem vive nas proximidades.

 Dessa problemática surge o estudo do caso da ruptura na barragem de Teton, nos EUA, mostrando a importância de um planejamento geológico-geotécnico adequado para a construção de barragens. O estudo do solo presente na barragem de Teton, assim como os motivos e razões para que esta tenha sido rompida foram escolhidos para serem mais detalhados neste ensaio, comprovando sua importância.

Utilizaremos como referencial teórico neste trabalho a monografia de Carla Araújo, intitulada "Análise de riscos em barragens de abastecimento de água da Grande João Pessoa-PB", que será de grande valor para a explanação teórica dos riscos presentes em um acidente de barragem.

O livro intitulado ‘The Evaluation of Dam Safety’ será utilizado neste ensaio, que procura abordar os riscos de rompimentos em barragens e suas devidas causas, e de forma mais específica, o capítulo ‘Teton Dam Failure’, que detalha o rompimento da barragem de Teton, que é o objeto de estudo deste ensaio. Além de muitas outras teses e artigos que abordaram sobre o assunto, auxiliando-nos neste trabalho.

A metodologia usada ao longo do trabalho será basicamente a metodologia bibliográfica, com o intuito de se obter um conhecimento fundamentado acerca do tema retratado, adotando então, diversas obras de diferentes autores. Além da metodologia bibliográfica, será utilizada também a metodologia dedutiva, já que as obras citadas serão empregadas também para que os autores deste trabalho possam retirar suas próprias conclusões. Estas serão expostas no mesmo, caracterizando assim, a metodologia dedutiva.

**2 BARRAGENS**

**2.1 Definições e objetivos**

Barragem pode ser definida como sendo um elemento estrutural*,* construída transversalmenteàdireçãodeescoamentodeum curso d'água*,* destinadaàcriaçãodeum reservatório artificialdeacumulaçãodeágua*.* (MARANGON, 2004).

Segundo Marangon (2004), os objetivos principais de uma barragem podem ser resumidos em:

* Geração de energia hidrelétrica;
* Regularização da vazão dos cursos de água;
* Abastecimento doméstico ou industrial de água;
* Controle de inundações;
* Irrigação de terrenos.

As barragens têm como objetivo armazenar grande quantidade de água, seja provinda de chuva (pluvial) ou de rios (fluvial). A partir deste armazenamento, duas de suas principais utilizações são: o abastecimento de água, tanto de áreas residenciais quanto industriais ou agrícolas, e a geração de eletricidade, nas conhecidas usinas hidrelétricas. Recentemente, também vem se tornando popular a prática de pesca nas áreas alagadas, por comunidades ribeirinhas ou apenas por turismo ou esporte.

Outras aplicações relevantes, como o controle de cheias e enchentes, no qual existe uma necessidade de controlar o volume de água, e a navegação, que facilita o transporte e locomoção de diversos itens pela água, são exemplos de como as barragens são essenciais atualmente.

**2.2 Descrição dos tipos de barragens e suas aplicabilidades**

As barragens possuem diferentes classificações. Estas variam de acordo com o material de construção utilizado, junto com o projeto hidráulico e o objetivo principal da barragem. De acordo com Costa (2012), a história das tecnologias aplicadas para a construção de barragens deu origem a dois grupos distintos: convencionais e não convencionais.

**2.2.1 Barragens convencionais**

As barragens convencionais são as de maior utilização, e seus funcionamento e mecânica são objetos de estudos e pesquisas. São estruturas de grande porte, podendo atingir tamanhos monumentais, como a Barragem de Nurek Dam, no Tajiquistão, que hoje é considerada a barragem mais alta do mundo, com registro de 300 metros de altura, como citou Prandi (2013).

Entre as barragens convencionais, estão as de concreto e de terra.

**2.2.1.1 Barragem de concreto**

Segundo Marangon (2004), é o tipo de barragem mais antiga, tendo suas primeiras construções no Egito, no ano de 4.000 A.C. Antigamente, possuía uma escala base/altura estimada de 4:1, porém hoje é possível a construção de barragens de tamanho colossal, com relação aproximada de quase 1:1.

Barragens de concreto podem ser construídas tanto com concreto armado, onde o processo é semelhante ao de outras estruturas civis utilizando formas e armação, quanto com concreto rolado, que é um tipo de concreto seco e compactado com traços especiais.

É dividida em três tipos: barragem de concreto de gravidade, de arco ou de contraforte.



Barragem de concreto de arco, no rio Inguri, Georgia, EUA. Fonte: Prandi (2013).

**2.2.1.1.1 Barragem de gravidade**

Segundo Barbosa, Almeida, Lício et al (2013), as barragens de gravidade são compostas por uma grande parede de concreto que resiste às forças e pressões exercidas pela água com seu próprio peso. Logo, não há necessidade de construção de uma fundação extremamente profunda para este tipo de estrutura. Deve ser composta de material maciço e de alta densidade, que é o caso do concreto.

Embora este tipo de barragem seja altamente estável, sendo um dos mais resistentes entre todos, sua altura é limitada a aproximadamente 20 metros, dependendo do material utilizado em sua composição, como afirma Marangon (2004). Esta limitação se dá pelo tipo de fundação, muito propensa a deslizamentos e tombamentos.

**2.2.1.1.2 Barragem de arco**

O projeto de barragens em arco deve ser elaborado por profissionais especializados, visto que este tipo de estrutura exige condições de terreno ímpares. O formato em arco transfere as forças e pressões exercidas para as extremidades, ou seja, as ombreiras. Consequentemente, tais forças são transferidas para as margens do rio, solicitando que tais margens sejam altas e constituídas de rochas resistentes aos esforços, como dizem Barbosa, Almeida, Lício et al (2013). É necessária uma escavação profunda para que se chegue nestas rochas.

Em questão de custo, a barragem de arco custa menos em relação a concreto, já que necessita de uma menor quantidade do material. Porém, como precisa de um projeto mais elaborado para a construção, o preço da mão de obra pode ser mais elevado.

**2.2.1.1.3 Barragem de contraforte**

De acordo com Sayão (2009 apud BARBOSA, F., ALMEIDA, G., LÍCIO, J. et al 2013),

"A barragem é formada por uma laje impermeável a montante, apoiada em contrafortes verticais, exercendo compressão na fundação maior do que na barragem de concreto de gravidade. Sendo assim, a fundação onde será apoiada uma barragem de concreto com contrafortes deve ser rocha com elevada rigidez."

A utilização de lajes de sustentação ao longo da barragem faz com que os esforços sejam direcionados a uma menor área da estrutura. Logo, os contrafortes suavizam a pressão sofrida pela barragem. Para as fundações, precisa-se de uma atenção especial, já que ocorre um aumento de compressão na área, como dizem Barbosa, Almeida, Lício et al (2013), requerendo projetos de mão de obra especializada.

Embora possua um custo menor de concreto em comparação com a barragem de gravidade, a necessidade de um projeto especial e de um controle geológico maior nesta barragem eleva o custo da construção.

**2.3.1.2 Barragens de terra**

Fazendo uma análise histórica das barragens de terra, é possível observar que estas sempre foram construídas para o armazenamento de água para irrigação de terrenos. Porém, antigamente, como relata Marangon (2004), as barragens eram construídas por métodos empíricos, sem o desenvolvimento de um projeto especializado. Isso ocasionou o histórico de diversas rupturas e acidentes neste tipo de estrutura. Foi somente a partir de 1907 que foram criados os primeiros procedimentos racionais para a construção das barragens de terra, que possibilitaram o desenvolvimento de estruturas com alturas elevadas, como a de Nuozhadu, no Tajiquistão, com 261 metros de altura, segundo Prandi (2013).



Barragem de terraplanagem, em Nuozhadu, Tajiquistão. Fonte: Prandi (2013).

Segundo Costa (2012), as barragens de terra possuem uma grande vantagem sobre os outras, já que podem se adaptar ao meio em que estão e ser construídas sobre a maioria dos tipos de fundação existentes. Além disso, pode-se fazer uso de quase qualquer tipo de solo em sua estrutura, utilizando os procedimentos de projeto e construção atuais.

Entretanto, como dizem Barbosa, Almeida, Lício et al (2013), necessita-se de uma avaliação de risco neste tipo de barragem, de modo a analisar as possíveis falhas através de sondagens geológicas-geotécnicas. Deste modo, é possível a construção com uma maior margem de segurança.

É dividida em dois tipos: barragens de terra homogênea, zonadas ou de enrocamento.

**2.3.1.2.1 Barragem de terra homogênea**

A barragem de terra homogênea é composta apenas por um único tipo de solo. Segundo Marangon (2004), este material necessita ser suficientemente impermeável, para que não ocorra a infiltração da água e, posteriormente, um vazamento. Os taludes, a montante e a jusante devem ter inclinações de acordo com o perfil do solo.

**2.3.1.2.2 Barragem de terra zoneada**

A barragem de terra zoneada é formada por solos com características diversas. O material que possuir maior coeficiente de permeabilidade deve ser utilizado nos taludes, enquanto o que for menos permeável deve constituir o núcleo central, tendo ação vedante, como afirmaram Barbosa, Almeida, Lício et al (2013).

Em comparação com as barragens de terra homogêneas, as barragens zoneadas não apresentam uma grande vantagem. A escolha do tipo de barragem que será construída depende firmemente do tipo de solo presente no local, assim como a geologia e a topografia, além dos custos econômicos para cada projeto.

**2.3.1.2.3 Barragem de enrocamento**

Esse tipo de barragem é aquele em que são utilizados blocos de rocha de tamanho variável e uma membrana impermeável na face de montante (MARANGON, 2004).

De acordo com Marangon (2004), a rocha que será utilizada para preencher a maior parte da barragem deve ser altamente resistente tanto ao intemperismo físico quanto químico, sendo dificilmente fragmentada ou desagregada. A organização dos blocos de rochas deve ser feita de modo que se obtenha o maior contato possível entre as superfícies, preenchendo os vazios entre elas com materiais de menor escala.

**2.3.2 Barragens não convencionais**

Barragens não convencionais são barragens de menor escala, que utilizam materiais menos utilizados em sua composição. Podem ser também variações de um tipo de barragem convencional, onde se usa outro tipo de material empregado no lugar de concreto ou terra, como afirma Costa (2012). As mais conhecidas são: barragem de alvenaria de pedra, de madeira e de Gabião.

A barragem de alvenaria de pedra é uma variação da barragem de concreto de gravidade, onde as pedras, ordenadas e rejuntadas manualmente, substituem o concreto.

Barragens de madeira necessitam de um tipo de madeira de alta resistência e qualidade, junto com uma chapa de aço para a vedação total da estrutura.

As barragens de Gabião tem como objetivo principal o barramento, sendo construídas em cursos de água. Sua estrutura, composta de pedras, pode variar de acordo com o local em que será implantada, podendo ser dimensionada em degraus, verticalmente ou em inclinação.

**3 RISCOS APRESENTADOS**

A palavra “risco” remete-se à muitos significados. No contexto técnico, pode ser associado à segurança e incerteza. Atualmente, a segurança é uma palavra que vem sendo direito do cidadão, mas há peculiaridades, pois não pode ser assegurada de forma integral. Daí, vem a incerteza, em que compromete a garantia da mesma se consolidar. Assim, de acordo com Almeida, “o risco pode ser considerado como um aferidor ou indicador do nível de garantia dum determinado estado de segurança”.

O conceito de risco pode estar relacionado tanto com os riscos técnicos e operacionais, que comprometem a segurança, quanto a riscos naturais, como fenômenos naturais que ocasionam possíveis desastres.

Então, na Engenharia em geral, assim como no estudo das barragens, o conceito de risco deve estar associado à probabilidade dos fatos ocorrerem. Assim, de acordo com Almeida, a probabilidade de ruptura de uma barragem por ano é da ordem de 0,000001 ou 10-6.

**3.1 Avaliação dos Riscos no Âmbito de Gerenciamento do Risco**

A avaliação do risco em barragens pode ser abordada com uma metodologia de avaliação local, como um ‘check list’ de itens que podem comprometer o comportamento da barragem. De acordo com Kochen (2009) apud Araújo (2014), essa análise é composta por:

* Identificação dos riscos em potencial e os modos de ruptura;
* Estimar com uso da estatística de risco;
* Avaliar meios de redução de risco e medidas corretivas possíveis;
* Estabelecer estratégias para redução dos risco aos Limites Aceitáveis.

O gerenciamento do risco é fundamental para a prevenção dos acidentes, tanto em barragens como em quaisquer tipos de construção. Assim, Menescal, Vieira e Oliveira (2005) apud Araújo (2014) apresentam um esquema que simplifica o quesito de gerenciamento, demonstrando o funcionamento da gestão relacionado aos termos relacionadas à segurança das barragens.

****

Fonte: Menescal, Vieira e Oliveira (2005) apud Araújo (2014).

Assim, essas ações podem ser resumidas em Avaliação do Risco e Controle de Risco, onde na Avaliação é necessária a Análise (identificação do perigo, comportamento da barragem, análise das consequências e estimativa do risco) e Aceitação do risco (Legislação e Diretrizes). Já o Controle se resume em ações para prevenir o risco através de soluções alternativas, reduzi-lo através de supervisão e regulamentos de segurança e reavaliação periódica das condições.

Depois de avaliar os riscos e enquadrá-los em aceitáveis ou não, nos que são ditos não aceitáveis, deve-se realizar ações para controlá-los e mantê-los em Limites Aceitáveis.

**3.2 Desastres associados a barragens**

Inúmeros foram os casos de rupturas de barragens de diferentes tipos e características, com as mais diversas causas, gerando danos, destruição e vítimas. Será retratado algumas principais na história de rompimento de tais tipos de construções.

A Barragem de St. Francis em Los Angeles, nos Estados Unidos, era utilizada como sistema de abastecimento da cidade e se rompeu no dia 12 de março de 1928. O enchimento do reservatório se iniciou em 1926 até 1928, quando estava no seu máximo. Possivelmente, a causa do acidente foi o deslizamento da ombreira esquerda, em que a fundação não suportou a força da barragem e da água, devido características geológicas do local, provocando a morte de 450 pessoas, de acordo com Jansen (1980 apud BALBI, 2008).

A Barragem de Baldwin Hills, também em Los Angeles, foi construída para o abastecimento de água entre 1947 e 1951 e quando tinha 12 anos, o reservatório se rompeu. A causa foi a fraqueza de sua fundação, onde a água infiltrou no maciço, provocando erosão tubular regressiva (piping). Houve detecção do acidente por um operador, que acionou a polícia, e contribuiu para que as pessoas evacuassem a área, mas ainda houve morte de 5 pessoas, de acordo com Jansen (1980 apud BALBI, 2008).

Outro caso interessante, foi a Barragem de Malpasset, na França, que de acordo com Jansen (1980 apud BALBI, 2008) foi iniciado seu enchimento em 1954 e em novembro de 1959, um operador percebeu uma jusante à direita da barragem, em uma época em que a barragem adquiriu uma capacidade máxima prevista e se rompeu. Dados técnicos afirmam que não havia um estudo geológico da ombreira da barragem, o que dificultou o tratamento do problema.

No Brasil, também já houve diversos casos de rompimento, como a Barragem de Órus, no estado do Ceará, que ainda estava em construção quando passou por um período de cheia e se rompeu. Assim, de acordo com Jansen (1980 apud BALBI, 2008), o galgamento era inevitável devido ao nível da água, porém ainda houve uma tentativa de escavar um canal no aterro à direita, onde se achava que o processo erosivo fosse mais lento. Tais medidas ajudaram, mas não foram suficientes, levando ao rompimento da barragem e cerca de 1000 mortos.

**3.3 Legislação Brasileira**

Historicamente, houve problemas referentes às construções de barragens, pois não existia nenhum conjunto de normas ou regras que pudessem ser aplicados ao quesito em questão e que pudessem assegurar a segurança em tais construções. Então, por muito tempo, não havia nada concreto ao passo que vários desastres iam ocorrendo, o que desencadeou medidas progressivas visando a segurança no local.

Alguns estados criavam medidas e leis de forma independente. Porém, foram nos últimos anos que houve o maior progresso, com a criação do Manual de Segurança e Inspeção de Barragens e a Lei de Segurança de Barragens.

O Manual de Segurança e Inspeção de Barragens objetiva criar parâmetros e um guia de roteiro básico para a construção de novas barragens, auxiliando os proprietários e engenheiros no processo de construção e de monitoramento periódico na mesma.

Já a Lei de Segurança de Barragens que corresponde a Lei n° 12.334/2010 e estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) aplica-se à barragens que tenha pelo menos uma das características abaixo de acordo com Araújo (2014):

* altura do maciço, contada do ponto mais baixo da fundação à crista, maior ou igual a 15 m (quinze metros);
* capacidade total do reservatório maior ou igual a 3.000.000m³ (três milhões de metros cúbicos);
* reservatório que contenha resíduos perigosos conforme normas técnicas aplicáveis;
* categoria de dano potencial associado, médio ou alto, em termos econômicos, sociais, ambientais ou de perda de vidas humanas .

Tem por objetivo garantir os padrões de segurança das barragens, possibilitando diminuir a possibilidade de acidentes e consequências, além de estabelecer regras e padrões de seguranças nas etapas de construção, desde o planejamento, projeto, construção, primeiro enchimento e primeiro vertimento, operação, desativação e de usos futuros de barragens de acordo com Ana (2010) apud Araújo (2014).

**4 ESTUDO DE CASO DA RUPTURA DA BARRAGEM DE TETON, EUA**

**4.1 A BARRAGEM DE TETON, EUA**

A barragem de Teton foi projetada como uma barragem de terra zoneada, visando atender a diversos fatores, como fornecimento de água de irrigação, proteção contra inundações e geração de energia elétrica, como afirma Arthur (1977). Foi construída através de um canyon profundo no rio Teton, na bacia hidrográfica do rio Snake, aproximadamente a 12 milhas a nordeste de Rexburg, sudeste de Idaho. Seu reservatório teria capacidade para 288250 acre-pés de água quando cheio, tendo seu vertedouro localizado no pilar direito. Sua fundação consistia em 70 pés de profundidade em trincheiras tanto nos pilares da esquerda e da direita.

Diversos estudos foram realizados para que se encontrasse a localização ideal para a construção da barragem. Em 1932, foi feita a primeira investigação, em um local 15 milhas a leste de onde a barragem foi de fato construída. O Serviço Geológico dos EUA considerou o local como uma possibilidade. Em 1946, dois locais em Canyon Creek, um afluente inferior do rio Teton, também foram investigados. Porém, foi mostrado posteriormente, em um relatório de março de 1947, que estes lugares não seriam apropriados, visto que era grande a possibilidade de infiltração a partir do reservatório. Então, o Corpo de Engenheiros realizou uma série de perfurações nas rochas presentes no local, a fim de descobrir mais sobre suas características e resistência mecânica. Foi então constatado, de acordo com Arthur (1977), que a qualidade destas rochas era adequada para estruturar a barragem, embora se soubesse que um escoamento a partir do reservatório aconteceria de fato.

Em janeiro de 1961, foi preparado um relatório de conhecimento do local para a construção da barragem de Teton, e em julho já começava-se a perfurar o núcleo da rocha. Finalmente, em março de 1962, como evidencia Arthur (1977), o Corpo de Engenheiros dos EUA escreveu um relatório recomendando que a construção do projeto da barragem de Teton ocorresse.

A construção da barragem de Teton foi iniciada em fevereiro de 1972. Já o túnel do rio começou apenas em junho, pois foi necessário o desvio do rio Teton para um canal construído ao longo da ombreira direita. Paralelamente, a escavação já estava em andamento no vertedouro e nas principais trincheiras. Cerca de 10 milhões de jardas cúbicas de materiais distintos selecionados foram utilizados para a construção das várias camadas da barragem, que foi finalizada em junho de 1976. Logo após o seu término, enquanto ainda estava enchendo pela primeira vez, aconteceu o rompimento, deixando um total de 11 mortos.



Fonte:Sugimoto (2014).

**4.2 CAUSAS DA RUPTURA DA BARRAGEM**

A barragem de Teton foi rompida no dia 5 de junho de 1976, enquanto ainda estava enchendo pela primeira vez e a falha se deu devido um grande vazamento no pé direito da barragem. De acordo com Arthur (1977), o primeiro vazamento foi observado por pessoas que estavam no local, por volta das 8h da manhã, aproximadamente 0,5 a 0,8 m3/s, na ombreira direita, no pé da barragem e acima do contato pilar. Por volta das 9h, esse fluxo aumentou para 1,15 à 1,4 m3/s , aumentando as infiltrações causadas pela rocha.

Entre 9:30 e 10h, uma mancha molhada foi observada na face a jusante da barragem, aproximadamente na mesma altura da infiltração proveniente da rocha pilar direito. Essa mancha molhada aumentou rapidamente, o material começou a se desfazer e a erosão continuava no aterro da barragem.

O buraco tentou ser contido, porém não se obteve sucesso e à medida que o tempo passava, apenas aumentava. Assim, o xerife do Condado de Fremont, responsável pelo monitoramento da barragem, foi avisado. Porém, não achava válido o aviso de inundação no local, mas mesmo assim, ligou para as pessoas que moravam nas proximidades para que fossem avisadas do risco da inundação. Às 11:57 h a barragem foi rompida quando a crista do talude caiu no buraco que estava em constante aumento e uma enorme parede de água surgiu após o desmoronamento.

Uma mensagem de reconhecimento de falhas detectou duas descontinuidades de baixo ângulo na rocha da ombreira à direita, que era uma falha evidente. A descontinuidade superior corresponde à uma transição entre a estrutura e a rocha maciça, já a descontinuidade inferior seria uma fissura coberta por depósitos de entulho e areia e as orientações das duas foliações se diferem acima e abaixo da descontinuidade, como evidencia Arthur (1977).

Segundo Arthur (1977), a barragem Teton está localizada na planície do rio Snake, mais especificamente no rio Teton, um afluente do rio principal, no município Madison, sudeste de Idaho. Tal planície é uma depressão vulcânica, composta por riolitos e basaltos, rochas vulcânicas. Na ombreira direita, o tufo é foliado e fortemente articulado, com ângulos tanto muito quanto pouco elevados. Algumas dessas articulações são preenchidas com calcite e outros estão cobertos com lodo, entulho e areia.

Vários estudos geológicos foram realizados no local, determinando que a qualidade das rochas encontradas no lugar era propícia à construção da barragem e foi previsto que infiltrações iriam ocorrer, mas que não ocasionaria tanto impacto. Porém, após o desastre, os relatórios elaborados pelos geólogos foram revistos e foi concluída que era de extrema importância uma análise mais apurada, visto que, onde foi construída a barragem, os níveis de infiltração eram altíssimos. Assim, essa infiltração no maciço rochoso vulcânico da fundação da barragem provocou uma erosão interna no núcleo, levando à ruptura da barragem.

**5 CONCLUSÃO**

As barragens de terra, como foi discorrido ao longo deste trabalho, necessitam de uma avaliação de controle de risco e sondagens geotécnicas-geológicas do local, de modo que se obtenha uma margem de segurança na construção. No desastre da barragem de Teton, nos EUA, é possível associar a ruptura a uma negligência no estudo geológico do solo, visto que sempre foi de conhecimento público que aconteceria, de fato, um escoamento a partir do reservatório. Os relatórios sobre o solo local, elaborados pelos geólogos, eram insuficientes e de pouco aprofundamento para que o Corpo de Engenheiros permitisse e recomendasse a construção da barragem de Teton no local designado.

Devido aos estudos não satisfatórios da geologia do solo, resultando em um vazamento na barragem, que logo se transformou em uma infiltração e, posteriormente, em uma ruptura, se deu o rompimento da barragem de Teton, os EUA, no qual 11 pessoas acabaram mortas.

Dessa forma, pode-se observar, por meio dos diversos casos de rompimento de barragens, que a geologia local sempre está interligada à causa de cada uma, como visto em Teton e muitas outras. Assim, é comprovado que os estudos geológicos-geotécnicos devem ser bem relevados, não só em barragens, mas sim, em qualquer tipo de construção que pretende-se fazer.

**REFERÊNCIAS**

ARAÚJO, C. **Análise de riscos em barragens de abastecimento de água da Grande João Pessoa-PB.** Paraíba; Universidade Federal da Paraíba. 2014.

ARTHUR, H. G. **Teton Dam Failure**. *The Evaluation of Dam Safety*, American Society of

Civil Engineers, pp. 61-71, 1977.

BALBI, D. **Metodologias para a elaboração de planos de ações emergenciais para imundações induzidas por barragens: estudo de caso: Barragem de Peti-MG**. 2008.

BARBOSA, F., ALMEIDA, G., LÍCIO, J. et al. **Geologia aplicada a Barragens**. Tocantins; Universidade Federal de Tocantins. 2013.

COSTA, W. D. **Geologia de Barragens**. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

MARANGON, M. **Barragens de Terra e Enroncamento.** Tópicos em Geotecnia e Obras de Terra.2004.

PRANDI, J. **As 10 barragens mais altas do mundo.** 2013. Disponível em: < http://gigantesdomundo.blogspot.com.br/2013/07/as-10-barragens-mais-altas-do-mundo.html> Acesso em 2 de Outubro de 2015.

SAYÃO, A. **Notas****de aula da disciplina de Barragens de Terra e Enrocamento**. Curso de Mestrado da PUC -RJ, Rio de Janeiro. 2009.

## SUGIMOTO, L. Por barragens mais seguras. 2014. Disponível em : <http://www.unicamp.br/unicamp/ju/605/por-barragens-mais-seguras> Acesso em 24 de Outubro de 2015.

1. Paper apresentado à Disciplina Geologia de Engenharia do Curso de Engenharia Civil da Unidade de Ensino Superior Dom Bosco – UNDB. [↑](#footnote-ref-1)
2. Alunas do 4º Período do Curso de Engenharia Civil da Unidade de Ensino Superior Dom Bosco – UNDB. [↑](#footnote-ref-2)
3. Professora da Disciplina Geologia de Engenharia da Unidade de Ensino Superior Dom Bosco – UNDB. [↑](#footnote-ref-3)