



**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE EXCELÊNCIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**BARRAGENS DE TERRA NO SUDOESTE BAIANO: GALGAMENTO E O
ESTUDO DOS VERTEDOUROS.**

**EARTH DAMS IN SOUTHWEST BAHIA: OVERTOPPING AND THE STUDY OF
SPILLWAYS.**

Darcílio Ítalo Ribeiro Albuquerque ¹

Tomaz William Lemos Santos Sousa ²

Rômulo Brendo dos Santos Mascarenhas ³

Emílio Queiroz (UNEX) ⁴

Joaz de Souza Batista (IFBA) ⁵

RESUMO

Este artigo realiza um estudo sobre o dimensionamento de vertedouros em barragens de maciço de terra no sudoeste baiano abordando sua influência e importância como método preventivo em relação ao galgamento. No contexto desse estudo, foram evidenciadas quatro barragens estrategicamente posicionadas na região sudoeste da Bahia. Efetuou-se uma coleta de dados e dimensões das barragens juntamente com a seleção do método adequado para calcular os vertedouros através de uma revisão bibliográfica, levando em consideração as características particulares de cada barragem e de sua área adjacente. O objetivo principal é relacionar a existência dos vertedouros e seu dimensionamento preciso, visando a redução dos rompimentos de barramentos na região em períodos de pluviometria intensa. Com base em estudos recentes da área de engenharia civil e nas normas estabelecidas por órgãos públicos responsáveis pela adequação dessas estruturas, evidencia-se a importância do dimensionamento correto destes instrumentos de precaução contra o rompimento de barragens. É de extrema relevância a apresentação de uma estratégia para a implementação de métodos assertivos de dimensionamento, evitando grandes tragédias ou até mesmo casos de prejuízo ambiental e econômico na região sudoeste da Bahia.

Palavras-chave: Barragens de maciço de terra; Dimensionamento de vertedouros; Prevenção contra galgamento.

¹ Discente do curso de engenharia civil do Centro Universitário de Excelência (Unex) de Vitória da Conquista-BA. (Unex/2023), Email: darcilioits@gmail.com.

² Discente do curso de engenharia civil do Centro Universitário de Excelência (Unex) de Vitória da Conquista-BA. (Unex/2023), Email: tomazddps@gmail.com.

³ Discente do curso de engenharia civil do Centro Universitário de Excelência (Unex) de Vitória da Conquista-BA. (Unex/2023), Email: rmengenhariacivile@gmail.com

⁴ Professor Orientador do Centro Universitário de Excelência (Unex/2023), Especialista em Engenharia de Estruturas, emilioqueiroz@gmail.com.

⁵ Professor Coorientador do Instituto Federal da Bahia, (IFBA/2023), Engenheiro civil (UFBA) Mestre em geotecnia ambiental e urbana (UFBA), joazmec.solos@gmail.com.

Darcílio Ítalo Ribeiro Albuquerque
Tomaz William Lemos Santos Sousa
Rômulo Brendo dos Santos Mascarenhas

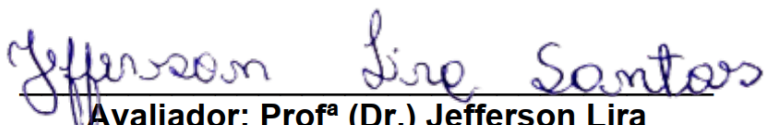
**BARRAGENS DE TERRA NO SUDOESTE BAIANO: GALGAMENTO E O
ESTUDO DOS VERTEDEOUROS**

Trabalho monográfico, submetido ao Centro universitário de Excelência de Vitória da Conquista - BA, como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em: 19/12/2023


Orientador: Profº (Esp.) Emilio Augusto De Queiroz Velois
Centro Universitário de Excelência


Avaliador: Profº (Msc.) Flávio Santos Leopoldino
Centro Universitário de Excelência


Avaliador: Profª (Dr.) Jefferson Lira
Centro Universitário de Excelência

Vitória da Conquista - BA
Dezembro de 2023

ABSTRACT

This article carries out a study on the dimensioning of spillways in earthen mass dams in southwestern Bahia, addressing its influence and importance as a preventive method in relation to overtopping. In the context of this study, four dams strategically positioned in the southwest region of Bahia were highlighted. Data and dimensions of the dams were collected together with the selection of the appropriate method to calculate the spillways through a bibliographical review, taking into account the particular characteristics of each dam and its adjacent area. The main objective is to relate the existence of spillways and their precise dimensioning, aiming to reduce dam failures in the region during periods of intense rainfall. Based on recent studies in the area of civil engineering and the standards established by public bodies responsible for adapting these structures, the importance of correctly sizing these precautionary instruments against dam failures is evident. It is extremely important to present a strategy for implementing assertive sizing methods, avoiding major tragedies or even cases of environmental and economic damage in the southwest region of Bahia.

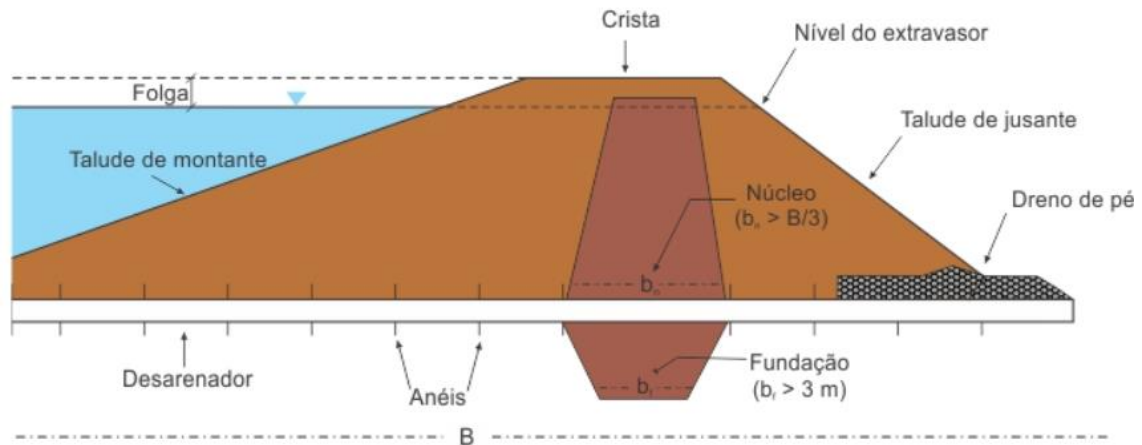
Keywords: Landmass dams; Sizing of spillways; Prevention against overtopping.

1. INTRODUÇÃO

Especialmente em regiões semiáridas ou de estações com características bem definidas, a água é um recurso inestimável, um bem muito valioso para a sobrevivência da população e para a movimentação de setores da economia devido à escassez provocada pela baixa pluviometria. No sudoeste baiano não seria diferente, a presença de água durante os períodos de seca é de extrema importância para a sociedade. Por este motivo, os barramentos se fazem necessários, com diversas finalidades e usos, sendo o mais latente como reservatório para abastecimento de água.

De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA, 2016), uma barragem consiste em uma estrutura situada em um curso de água, seja permanente ou temporária, com o objetivo de conter ou acumular água, ou substâncias líquidas ou misturas de substâncias líquidas e sólidas. Para melhor compreensão deste artigo faz-se necessário explicar os principais elementos de uma barragem, apresentados na Figura 01.

Figura 01 – Elementos de uma barragem.

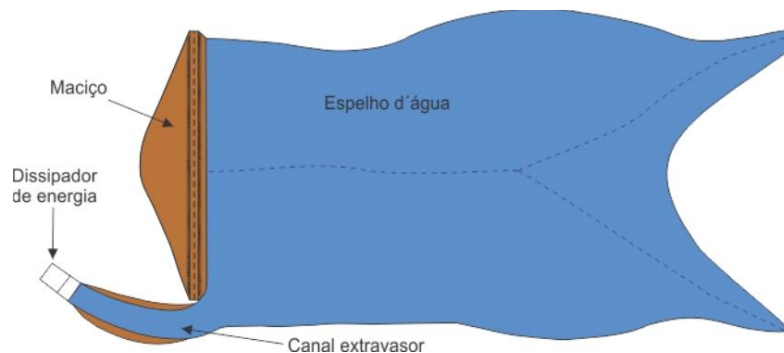


Fonte: UFV (2019)

De acordo com UFV (2019), em uma barragem de terra há elementos como a crista considerada o topo da barragem, o núcleo que é caracterizado por uma zona central de solos argilosos que intercepta a trajetória da água e os taludes a montante e a jusante que correspondem as faces laterais e inclinadas que dão estabilidade ao aterro.

Graças ao avanço da geotecnia que segundo Albuquerque e Garcia (2020) é uma ciência aplicada ao estudo dos solos e rochas, existem vários métodos para se construir um barramento. Este estudo tem como foco barragens compostas de maciço de solo compactado, que são bastante comuns no sudoeste baiano. Como toda estrutura de grande porte, se faz necessário um plano de contingência para evitar o colapso destas estruturas, exatamente nesse ponto está a importância do dimensionamento correto dos vertedouros (sendo estes os principais instrumentos de prevenção contra rompimentos, provocados geralmente por galgamento) como pode-se observar na Figura 02.

Figura 02 – Vista superior do maciço.



Fonte: UFV (2019)

O canal extravasor também conhecido como vertedouro é um considerável componente hidráulico, responsável pelo caudal de água da estrutura para o conduto natural juso em um conduto aberto. É de extrema importância o correto dimensionamento desta ferramenta, sendo efetiva no escoamento de vazões de cheias de projeto, evitando desta forma um possível galgamento do maciço de solo, pela massa d'água, que comprometeria a barragem (DAEE, 2005).

Um dos principais fatores de rompimento de barragens, o galgamento se dá principalmente através de precipitações pluviométricas superiores à capacidade de vazão estimada no projeto da barragem, sendo caracterizado como a elevação do nível d'água acima da crista. (Brasil, 2012 apud Lemos et al., 2019).

De acordo com Silva *et al.*, 2007 apud Lemos *et al.*, 2019, o resultado provocado pelo galgamento gera a liberação incontrollável de água na barragem, provocando carregamento de materiais e ruptura nas barragens de terra. Vale ressaltar que, de acordo Da Cruz (2004) e Lemos *et al.* (2019), o galgamento não se aplica somente a casos em que o estado crítico da estrutura é atingido, esse fator está relacionado ao período de sangramento da barragem e ao tempo limite de resistência de seu solo. Por este motivo, se faz necessário o estudo aprofundado do solo da região, dos índices pluviométricos regionais, além da mecânica dos solos e das características constituintes daquele terreno. (Jónatas, 2013 apud Lemos *et al.*, 2019).

Apesar dos longos períodos de estiagem, a região sudoeste da Bahia passa por períodos em que é acometida por grandes volumes de precipitação. Além disso, é importante considerar a quantidade de barragens irregulares existentes nessa região, construídas sem planejamento adequado e com tamanha irresponsabilidade ao ponto de não apresentarem um plano de segurança, cuja existência é obrigatória de acordo com os órgãos de regulamentação nacionais. Esses fatores colaboram para que, em determinados períodos, ocorram uma série de rompimentos causados pelo excesso de água ultrapassando o limite suportado pelas barragens, fenômeno conhecido como galgamento, provocando verdadeiras catástrofes ambientais.

Mas a grande questão é qual a importância de um vertedouro bem dimensionado na prevenção contra o rompimento de barragens de terra por galgamento? É necessário que o vertedouro seja projetado para extravasar toda a vazão excedente da barragem em caso crítico, em outras palavras, o vertedouro precisa escoar o volume excedente que chegará ao reservatório, seja ocasionado por fortes chuvas ou por rompimentos de barramentos relativamente próximas.

O artigo tem como objetivo central o desenvolvimento de um estudo sobre a influência do vertedouro como prevenção ao rompimento de barragens de terra por galgamento, em paralelo a divulgação da importância de efetuar todas as etapas construtivas do barramento, além da conscientização e necessidade de seguir os parâmetros estabelecidos pelos órgãos regulamentadores nacionais. Sendo passível de ser interpretado em vias práticas como um manual, uma forma de se entender e calcular um vertedouro diretamente para sua barragem como um construtor.

Deste modo, pode-se reiterar a extrema importância do uso do método correto de construção de barragens e seus vertedouros, uma vez que estas estruturas impactam toda a região na qual estão localizadas, além do que a responsabilidade deste nível de empreendimento está diretamente atrelada à vida e à economia das populações próximas, uma vez que um rompimento por negligência acarretaria uma tragédia.

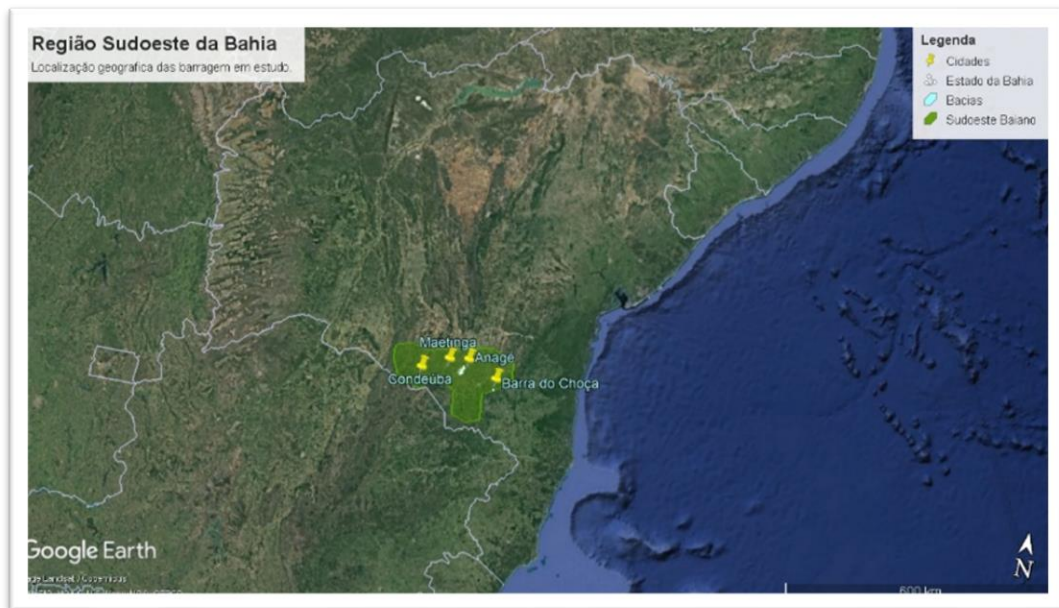
A complexidade deste tipo de construção acaba gerando uma série de ações burocráticas para tal regularização. Portanto, o artigo adequa-se também como forma de alertar os construtores quanto a gravidade do crime de se construir barragens sem a observância das normas específicas atreladas a este tipo de estrutura, principalmente no quesito segurança.

2. METODOLOGIA

Os métodos utilizados, para a elaboração da pesquisa documental, consistiram em um levantamento de informações sobre as barragens de terra catalogadas na região Sudoeste da Bahia. Foram realizadas visitas técnicas, no período de julho e agosto de 2023, para obter informações sobre o dimensionamento, a inspeção e a manutenção dos vertedouros de cada uma das barragens. Durante as visitas, foram registradas fotografias, criando um acervo para fonte de dados e comparações futuras.

A Figura 03 apresenta um recorte de um levantamento de sítio da área abordada durante o estudo, sendo denominada como região do sudoeste baiano, com um destaque em cada barragem visitada. Mapeando os locais de visita e contemplando desde o extremo leste do sudoeste, representado pela barragem de Barra do Choça, até o oeste, representado pela barragem de Condeúba.

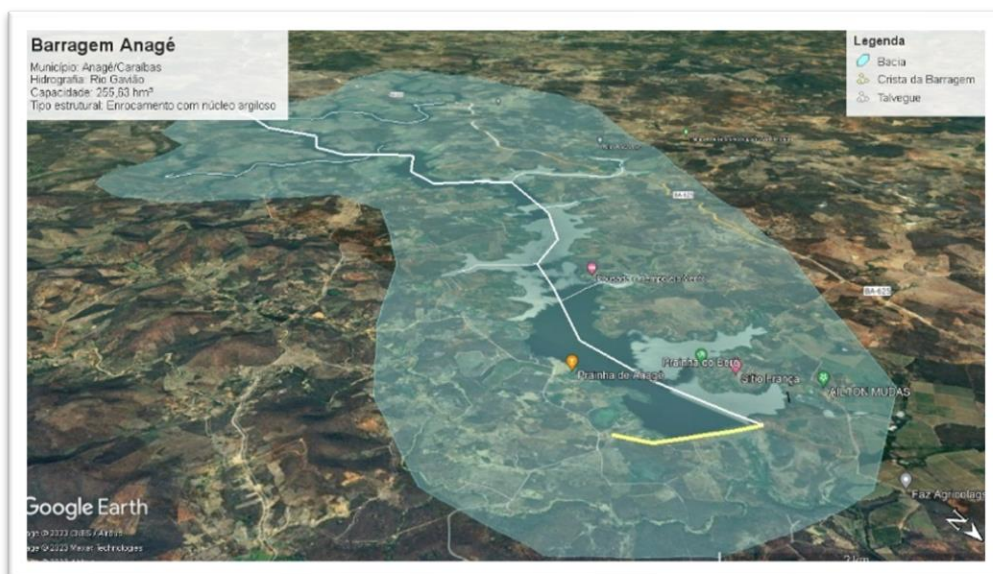
Figura 03 - Região utilizada para estudo das Barragens.



Fonte: Adaptada de Google Earth (2023)

A Figura 04 apresenta uma visualização da área da Barragem de Anagé (Latitude: $14^{\circ}37'50.2''S$, Longitude: $41^{\circ}11'23.6''W$) localizada na cidade de Anagé - BA que apresenta características climáticas típicas da região tropical, com duas estações bem definidas: uma estação chuvosa no verão e uma estação seca no inverno. As temperaturas neste local geralmente variam de moderadas a quentes ao longo do ano.

Figura 04 – Barragem de Anagé.



Fonte: Adaptada de Google Earth (2023)

A Barragem de Anagé desempenha um papel crucial no gerenciamento da água na região. Durante a estação chuvosa, a barragem acumula água, essencial para atender às demandas hídricas locais. No período seco, a gestão cuidadosa dos recursos hídricos da barragem é fundamental para garantir o abastecimento de água e apoiar atividades agrícolas na área circundante. A interação entre as características climáticas da cidade e a função da barragem destaca a importância do planejamento sustentável para lidar com as variações sazonais e garantir a resiliência hídrica da comunidade.

A Figura 05 apresenta uma visualização da área da Barragem de Água Fria II (Latitude: 14°54'42.4"S, Longitude: 40°34'22.3"W) que está localizada nas proximidades do município de Barra do Choça - BA.

Figura 05 – Barragem de Água Fria II.



Fonte: Adaptada de Google Earth (2023)

A barragem de Água Fria II desempenha um papel vital no armazenamento de água para diversos fins, incluindo abastecimento hídrico e apoio à agricultura local. Sua localização estratégica e sua capacidade de acumulação durante os períodos de chuva são fundamentais para garantir a disponibilidade de recursos hídricos para a comunidade e setores econômicos adjacentes.

A Figura 06 apresenta uma visualização da área da Barragem do Champrão (Latitude: 14°54'31.3"S, Longitude: 41°57'46.1"W), situada na cidade de Condeúba.

Figura 06 – Barragem do Champrão.



Fonte: Adaptada de Google Earth (2023)

Não de forma diferente, é utilizada para as mesmas finalidades das outras barragens abordadas neste estudo, sendo sua principal função, a de abastecimento como forma de garantir o desempenho econômico da região mesmo em períodos de estiagem, onde sua capacidade deve ser controlada e sua distribuição precisamente administrada.

A Figura 07 apresenta uma visualização da área da Barragem do Mateiro em Maetinga (Latitude: 14°39'03.9"S, Longitude: 41°29'14.9"W). Esta barragem apresenta proporções menores comparadas as demais apresentadas anteriormente.

Figura 07 – Barragem do Mateiro.



Fonte: Adaptada de Google Earth (2023)

Suas dimensões e sua capacidade de retenção de água desempenham um papel fundamental no fornecimento de recursos hídricos para a região, assim como as outras três barragens citadas acima. Essa barragem desempenha um papel crucial no controle de cheias, no abastecimento de água e na irrigação de áreas agrícolas circundantes. Além disso, a barragem do Mateiro contribui para a promoção do desenvolvimento econômico sustentável, apoiando práticas agrícolas ao garantir um suprimento estável de água durante todo o ano. Sua importância como infraestrutura hídrica destaca-se não apenas por suas proporções, mas também por seu impacto positivo nas atividades cotidianas e no crescimento econômico da região.

Foi realizado durante a elaboração do artigo um levantamento das principais contribuições acadêmicas nas áreas de engenharia, mecânica dos fluidos, topografia, geotecnia, entre outras, nos últimos 30 anos, afim de selecionar os métodos mais assertivos e atualizados nos aspectos de construção de barramentos, tipos e construção de vertedouros, cálculos necessários para dimensionar os aparelhos de contenção, análises dos índices climáticos da região do sudoeste baiano, os quais serão amplamente relatados ao longo do texto.

No que se refere aos vertedouros, existem diversos métodos para se calcular suas dimensões. Cada variação está diretamente relacionada à característica do próprio vertedouro, bem como características da barragem à qual ele servirá de suporte, além de análises climáticas e algumas demais variantes. Adotou-se o método “*I Pai Wu*”, fornecido por Tomaz (2014), considerado o mais adequado se analisadas as características das barragens visitadas.

O método “*I Pai Wu*”, é uma modelagem do método Racional no qual busca aperfeiçoar a precisão dos cálculos de vazão de uma barragem. Para determinar a sua vazão de pico, se faz necessário uma verificação de diversas variáveis que equacionadas sinalizam dados importantes referentes às cheias de uma barragem. Além deste ser um método que abrange barragens de 2 km² até 200 km². Diante do exposto acima foi aplicada a equação para calcular a vazão das barragens visitadas e através do resultado encontrado da vazão de projeto (Q_p) realizou-se a verificação dos seus vertedouros.

$$Q = (0,278 \cdot C \cdot I \cdot A^{0,9}) \cdot K \quad (1)$$

$$Q = Q_b + Q \quad (2)$$

Sendo:

Q = Vazão de cheia (m^3/s).

Q_b = Vazão base (m^3/s). Se não tiver informação, adotar $0,1Q$

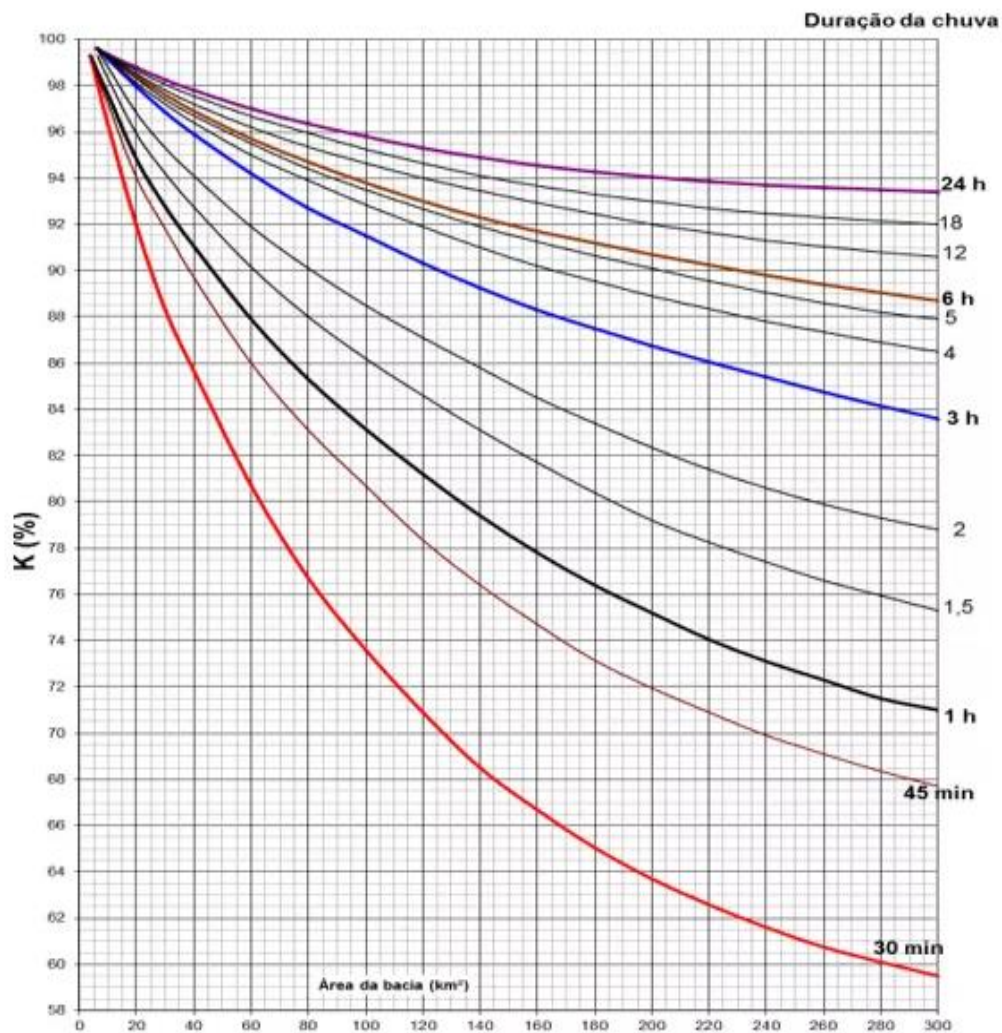
I = Intensidade de chuva (mm/h).

C = Coeficiente de escoamento superficial.

A = Área da Bacia (km^2).

K = Coeficiente de distribuição espacial da chuva.

Figura 08 - Ábaco para determinar o coeficiente K



Fonte: Tomaz (2014)

Para encontrar o coeficiente K, a análise dos dados da Figura 08 é feita considerando a intersecção entre os eixos. Uma das variáveis é a área da barragem e a outra o tempo de concentração de chuva (Tc), no qual foi abordada através de duas equações, sendo uma delas, a fórmula Kirpich expressa por :

$$T_c = 57 \cdot (L^3/\Delta H)^{0,385} \quad (3)$$

onde L é o comprimento do talvegue e delta H a variação das cotas em metro, utilizada em três das quatro barragens estudadas. A outra equação, a de Ventura, é expressa como:

$$T_c = 0,127 \cdot \sqrt{\frac{A}{i}} \quad (4)$$

onde a área é dada em m² e i em metro por metro, sendo utilizada apenas na barragem de Anagé devido às suas proporções de estrutura. A escolha das equações teve como parâmetro as áreas das barragens, sendo a de Ventura recomendada para barragens de área maior e em zonas rurais, método que garante uma precisão considerável em reservatórios de grande amplitude.

A partir disso, foi necessário encontrar os fatores correspondentes a Equação (1). Sendo o primeiro deles o coeficiente de escoamento superficial (C). Para encontrá-lo, adotou-se a equação:

$$C = \frac{C_2}{C_1} \cdot \frac{2}{(1+F)} \quad (5)$$

C2= Coeficiente Volumétrico de Escoamento.

C1= Coeficiente de Forma.

F= Fator de Forma da Bacia.

O Quadro 01, é utilizado como parâmetro de urbanização, considerando o desenvolvimento adjacente e o aglomerado populacional ao redor da área de construção das barragens, e serve como parâmetro de dimensionamento nas construções.

Quadro 01 - Valores recomendados para o coeficiente C2

USO DO SOLO OU GRAU DE URBANIZAÇÃO	VALORES DE C	
	MÍNIMOS	MÁXIMOS
Área totalmente urbanizada	0,50	1,00
Área parcialmente urbanizada	0,35	0,50
Área predominantemente de plantações, pastos etc.	0,20	0,35

Fonte: DAEE (2005)

Para encontrar o F, foi utilizada a seguinte equação:

$$F = \frac{L}{[2 \cdot (A/\pi)^{0,5}]} \quad (6)$$

L= Comprimento do Talvegue (km)

A= Área da Bacia (km²)

Para encontrar o C1, foi utilizada a seguinte equação:

$$C1 = \frac{4}{(2+F)} \quad (7)$$

Para encontrar o índice pluviométrico, foram adotados coeficientes fornecidos pelo *software* Pluvio, sendo eles: K; a; b; c. Usados na equação de intensidade, duração e frequência (IDF):

$$I = \frac{K \cdot T^a}{(tc+b)^c} \quad (8)$$

Com todos os dados da Equação (1) obtidos, calculou-se a vazão de cheia e logo em seguida, a vazão de projeto. Posteriormente, calculamos as dimensões do extravasor, adequadas aos resultados apresentados. Para dimensionar o vertedor retangular de parede espessa, utilizou-se a equação de Lesbrós para cálculo de vazão máxima:

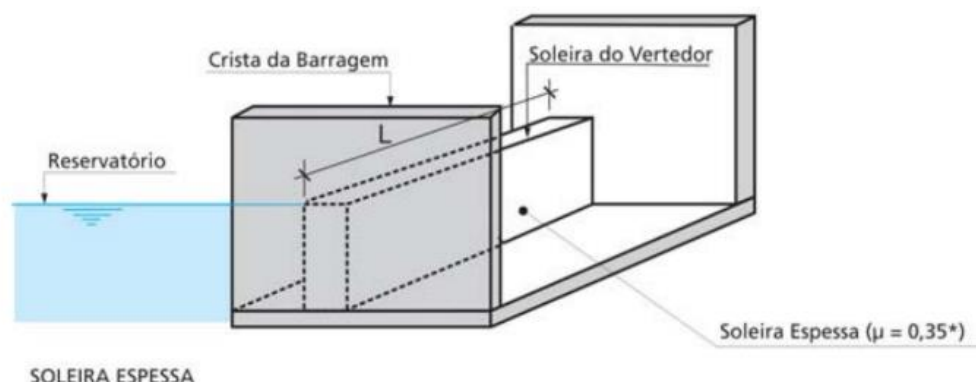
$$Q = Cd \cdot L \cdot H \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H} \quad (9)$$

onde Q é a vazão sobre a soleira em metros cúbicos por segundo, Cd é o coeficiente de descarga, H é a altura da lâmina d'água sobre a soleira do vertedouro em metros, g é a aceleração da gravidade (9,81m/s²) e L é a largura do vertedouro em metros. Como $\sqrt{2 \cdot g} = 4,43$ e em soleiras espessas o valor máximo sugerido para o coeficiente de descarga (Cd) = 0,35, podemos então reescrever a equação da seguinte forma:

$$Q = 1,55 \cdot L \cdot H^{\frac{3}{2}} \quad (10)$$

Existem diferentes opções construtivas de um vertedouro, dentre elas destacam-se o vertedouro de parede delgada, caracterizado por uma inclinação na parte posterior da parede, em relação a área de contato com a lâmina de água, e o vertedouro de parede espessa conforme Figura 09, caracterizado por uma parede retangular, a ser medida a espessura de modo a resistir a lâmina d'água em vazão máxima, suportando a vazão do projeto e suas majorações.

Figura 09 – Vertedouro de parede espessa



Fonte: DAEE (2005)

O vertedor retangular de parede espessa foi selecionado para este estudo pela praticidade na execução, visto que muitas vezes o executor não possui instruções adequadas para a inclinação e construção dos outros tipos de extravasores.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o dimensionamento de um vertedouro em uma barragem de terra, é necessário levar em consideração a altura de segurança e a estabilidade da barragem. Além disso, é importante considerar as características específicas do local, como o clima, a topografia e a geologia do terreno. Os dados foram colhidos durante visita técnica e demonstrados no Quadro 01.

Quadro 01 – Dados de entrada das barragens analisadas.

Barragens	Área	Comprimento do Talvegue	Comprimento do Vertedouro	Altura	Cota da Crista	Cota da Base	Capacidade
Anagé	21,65 km ²	16,63 km	200 m	53,50 m	420 m	410 m	255,63 hm ³
Água Fria II	0,92 km ²	2,79 km	69 m	21 m	846 m	837 m	6,46 hm ³
Champrão	1,55 km ²	4,18 km	84 m	19,80 m	653 m	648 m	5,98 hm ³
Mateiro	0,12 km ²	1,66 km	17,50 m	16 m	887 m	880 m	0,63 hm ³

Fonte: Dos autores (2023).

Acima, o Quadro 01 apresenta as informações obtidas em cada barragem, como parâmetros para utilização das equações e assim dimensionamento do vertedor a partir das vazões encontradas com esses valores.

Existem diversas fórmulas que podem ser utilizadas para calcular um vertedouro de uma barragem de terra. A escolha da fórmula adequada depende das características do vertedouro e das condições do local. Para iniciarmos o projeto de dimensionamento de um vertedor, se faz necessário calcular a vazão máxima da barragem, também denominada vazão de cheia, conforme o Quadro 02.

Quadro 02 – Valores obtidos com pelo método de .

Barragens	Tempo de concentração	Intensidade pluviométrica	Coeficiente de escoamento	Coeficiente de distribuição da chuva	ΔH	Vazão de cheia	Vazão de projeto
Anagé	24,10 min.	152,16 mm/h	0,217	0,92	10 m	134,42 m ³ /s	147,87 m ³ /s
Água Fria II	79,85 min.	92,85 mm/h	0,224	0,99	9 m	5,28 m ³ /s	5,81 m ³ /s
Champrão	160,04 min.	54,23 mm/h	0,219	0,99	5 m	4,85 m ³ /s	5,33 m ³ /s
Mateiro	48,22 min.	107,02 mm/h	0,208	0,99	7 m	0,91 m ³ /s	1,00 m ³ /s

Fonte: Dos autores (2023).

Com o auxílio do *software* Pluvio e do Google Earth, foram obtidos alguns dos dados necessários para calcular os índices pluviométricos, os perfis de elevação, as cotas de jusante a montante e alguns outros fatores climáticos no cálculo das barragens, como mostra o Quadro 03.

Quadro 03 – Variáveis calculadas para dimensionamento do vertedor.

Barragens	Coeficiente de descarga	Cota sugerida para a soleira do vertedor	Altura da lâmina d'água	Espessura da soleira	Área da lâmina d'água	Velocidade específica da vazão	Potência hidráulica
Anagé	0,35	471 m	32,93 cm	1,25 m	65,87 m ²	2,24 m/s	74.706,14 kW
Água Fria II	0,35	843 m	1,27 cm	0,35 m	0,87 m ²	6,65 m/s	1.082,93 kW
Champrão	0,35	650 m	0,83 cm	0,35 m	0,70 m ²	7,66 m/s	930,71 kW
Mateiro	0,35	884 m	0,71 cm	0,35 m	0,12 m ²	8,07 m/s	137,34 kW

Fonte: Dos autores (2023).

Por fim, as dimensões encontradas foram tabeladas acima com os valores necessários para a estrutura resistir a situação crítica. Vale ressaltar que as barragens foram dimensionadas para um tempo de retorno (TR) de 100 anos.

Com base nas visitas técnicas e estudos realizados, percebeu-se que as barragens possuem um bom dimensionamento de seus vertedouros, protegendo os equipamentos contra os efeitos do galgamento. É necessário ressaltar que, em regiões com longos períodos de estiagem e seca prolongada, como algumas das evidências, é comum a construção de barramentos clandestinos ao longo do curso dos rios. Esses equipamentos, por vezes, sem os devidos projetos e impedimentos, podem colapsar e causar um efeito cascata, comprometendo alguma estrutura devidamente dimensionada. Fatos como os descritos puderam ser apresentados nos últimos anos, especialmente no final de 2021, quando, sob o efeito da aparição La Niña, ocorreram grandes volumes de chuva em toda a região.

Entre os barramentos analisados, a barragem situada na cidade de Anagé possui a maior capacidade de armazenamento de água e é utilizada para diversos fins, como abastecimento da população, supervisão de plantações, atividades de atualização, etc. Especificamente ao analisar o vertedouro dessa barragem, percebemos uma grande margem de segurança, pois o dimensionamento do projeto foi significativamente inferior ao que foi executado. Para se ter uma ideia, o projeto apresenta um vertedouro com capacidade para uma lâmina d'água de aproximadamente 0,35 m, ao passo que o vertedouro existente é capaz de suportar uma lâmina d'água de aproximadamente 8,5 m.

Além disso, no desenvolver do trabalho, percebeu-se que os vertedouros, quando bem dimensionados, são equipamentos eficientes na prevenção contra as rupturas provocadas pelo galgamento.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Retomando a problemática proposta inicialmente em relação a efetividade e importância de um vertedouro bem dimensionado na prevenção contra o rompimento de barragens de terra por galgamento, este material evidencia o quão fundamental e obrigatório é o dimensionamento correto dos equipamentos de contenção de estruturas de grande porte, em âmbito mais restrito, onde se refere a estrutura de barragem de terra, na qual o vertedor utilizado é o de parede espessa, e as condições climáticas analisadas foram as do sudoeste baiano, podemos concluir que, um projeto desse porte de estrutura, precisa contar com um método preventivo de escoamento adequado.

Vale ressaltar que este artigo reitera aos interessados em ingressar neste âmbito construtivo, a importância de seguir as normas de regulamentação impostas pelo órgãos nacionais e estaduais, aos quais destacamos a Agência Nacional de Águas (ANA) que

disponibiliza um plano de segurança completo e esclarecedor quanto a prevenção em barragens, o Comitê Brasileiro De Barragens (CBDB) que tem como missão estimular o desenvolvimento, a aplicação e a disseminação das melhores tecnologias e práticas da engenharia de barragens e obras associadas, sendo o representante análogo a Comissão Internacional de Grandes Barragens (CIGB) e o Departamento Estadual de Energia Elétrica (DAEE) do Estado de São Paulo, cujo apresentou o método de cálculo utilizado neste trabalho sendo este expoentes do nível adequado de construção e regulamentação de Barragens no Brasil.

Com o objetivo de se tornar um facilitador aos construtores de Barragens se espera que este artigo possa orientar e facilitar a compreensão do tema trabalhado, trazendo discussões e contribuições que possam enriquecer a academia. Contribuindo para que os gestores e demais pessoas que tenham acesso ao presente trabalho, possam perceber a grande relevância de se observar as normas ao construírem obras de grande porte e que são essenciais para a boa qualidade de vida das pessoas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, P. J. R. GARCIA, J. R. **Engenharia de fundações**. 1. ed. - Rio de Janeiro: LTC, 2020.

ANA, Agência Nacional de Águas. **Barragens**. Disponível em: <<https://progestao.ana.gov.br/destaque-superior/boas-praticas/seguranca-de-barragens/curso-de-seguranca-de-barragens-daee-1/aula-3-segur-barragem-2016tipo.pdf>>. Acesso em 17 de dez. de 2023.

DA CRUZ, Paulo Teixeira. **100 Barragens brasileiras: Casos históricos, materiais de construção, projeto**. 2º Edição. São Paulo: Oficina de textos, 2004.

LEMONS, Moisés Antônio da costa; MARINO, Danielli Miranda; DIAS, Arthur Duarte. **Estudo sobre o Cálculo da Probabilidade de Risco por Galgamento em Barragens**. Geocentro Brasília, 2019. Disponível em: <<https://qe.iweventos.com.br/upload/trabalhos/t1arquivo/qmXS8U3XuWFbBmT8Z6NDmESK7KE6.pdf>> Acesso em: 29 abr. 2023.

São Paulo. Secretaria de Estado de Energia, Recursos Hídricos e Saneamento. Departamento de Águas e Energia Elétrica. **Guia Prático para projetos de pequenas obras hidráulicas**. São Paulo, DAEE, 2005. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1O72tEQXIYWfJJQ6sk_nuRv5xctvfQ9IM/view> Acesso em: 29 abr. 2023.

PORTAL DAS ÁGUAS. Catálogo de Barragens Estratégicas do Estado da Bahia, c2019. Página Inicial. Disponível em: <<https://portaldaagua.sih.ba.gov.br/portal/apps/MapJournal/index.html?appid=02aab3d23f5b43a5b025b9cab61e6b62>>. Acesso em: 24 de jun. de 2023.

UFV, Universidade Federal de Viçosa. **Roteiro básico para o dimensionamento de pequenas barragens de terra no Estado de Minas Gerais**. Atlas Digital das Águas de Minas. Universidade Federal de Viçosa, 2019.

TOMAZ, Plínio. **Curso de manejo de águas pluviais**. 2014. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/122644414-Capitulo-66-metodo-de-i-pai-wu.html>>. Acesso em: 08 de out. de 2023.