

ANÁLISE DA EFICÁCIA DE FILTROS EM BARRAGENS COM BASE NA DISTRIBUIÇÃO DE VAZIOS

FRANCISCO DAVID MARIANO DE SOUSA^{1*}, ANTONIO ANDERSON FONTENELE ARAÚJO², VANDA TEREZA COSTA MALVEIRA³;

¹ Graduando em Engenharia Civil, UVA, Sobral - CE Bolsista CNPq, eng.civ.desousa@gmail.com

² Graduando em Engenharia Civil, UVA, Sobral - CE Bolsista CNPq, anderson_font@hotmail.com

³ Doutora em Engenharia Civil (Recursos Hídricos), UFC, Professora adjunta do curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual Vale do Acaraú – UVA, Sobral - CE, tmalveira@hotmail.com

Apresentado no

Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2016
29 de agosto a 1 de setembro de 2016 – Foz do Iguaçu, Brasil

RESUMO: Ao se projetar uma obra de solo temos como um dos fatores de maior influência em seu dimensionamento a presença de água em seu meio. Em uma barragem a concentração de fluxo de água pode ocasionar num carreamento do material do maciço e da fundação, e na inexistência ou ineficiência de um elemento filtrante pode resultar em carreamentos excessivos do material, iniciando assim um processo de erosão interna. Este trabalho tem como foco principal apresentar uma metodologia de dimensionamento de uma estrutura filtro-drenante responsável pela proteção da fundação da barragem contra eventuais processos de erosão interna. O dimensionamento é feito com base na metodologia geométrica-probabilística apresentada pelo Professor Dr. Araken Silveira, que apresentou teorias referentes ao dimensionamento de filtros de proteção com base na distribuição de vazios do filtro e o confronto entre esses vazios com a granulometria do solo carreado. Neste trabalho é apresentado um estudo de caso na barragem de Taquara situada no município de Cariré na Zona Norte do estado do Ceará. A metodologia é aplicada na análise de carreamento das diferentes granulometrias de solos encontrados na fundação da barragem em confronto com os vazios do filtro horizontal da mesma, analisando se o filtro apresenta uma zona de autofiltragem e seja capaz de proteger a fundação contra eventuais processos de erosão interna.

PALAVRAS-CHAVE: carreamento de solos; distribuição de vazios; erosão interna; fundação.

ANALYSIS OF THE FILTER EFFICACY IN DAMS BASED ON CONSTRICTION SIZE DISTRIBUTION

ABSTRACT: When designing a soil structure, one of the most influential factors is the existing water into the structure. The concentration of water flow in the dams may cause movement of the base and the foundation material, and if the filter presents nor a proper performance, it can result excess of movement of the base material, and starts an internal erosion process. This study presents a methodology to design a filter structure, responsible for protecting the dam's foundation against eventual internal erosion process. It is used a geometrical probabilistic approach developed by Professor Dr. Araken Silveira, who presented theories concerning the designing of protection filters based on Constriction size distribution and the comparison between these voids and the particle size distribution of the base material. This paper presents a case study in Taquara Dam, located in Cariré Municipality, in the Northern zone of Ceará state. The methodology is applied in the analysis of the movement of different particle size distribution of soils found in the dam's foundation in confrontation against the constriction size distribution of the horizontal filter. Analyzing if the filter presents a self-filtering zone capable to protect the foundation against eventual internal erosion process.

KEYWORDS: movement of particles, constriction size distribution, internal erosion, foundation.

INTRODUÇÃO

Ao se projetar uma barragem devem ser assegurados em seu dimensionamento a sua eficiência e segurança, para atender tais requisitos básicos um correto dimensionamento do filtro deve ser garantido. Os projetos de dimensionamentos de filtros de barragens são estabelecidos com base em critérios obtidos por meio de ensaios laboratoriais, necessitando de uma abordagem teórica para o seu melhor desempenho (Pimenta 2013).

Um amplo conhecimento sobre o assunto não se reflete em melhorias somente na fase de projeto e construção de novas barragens. Muitas barragens da região que ainda se encontra em operação foram projetadas em tempos anteriores a divulgação de critérios de dimensionamento de filtros. Conseqüentemente muitas não apresentam filtros ou não foram dimensionadas utilizando critérios modernos de dimensionamento, tornando-se assim vulneráveis à erosão interna (DNOCS 2016).

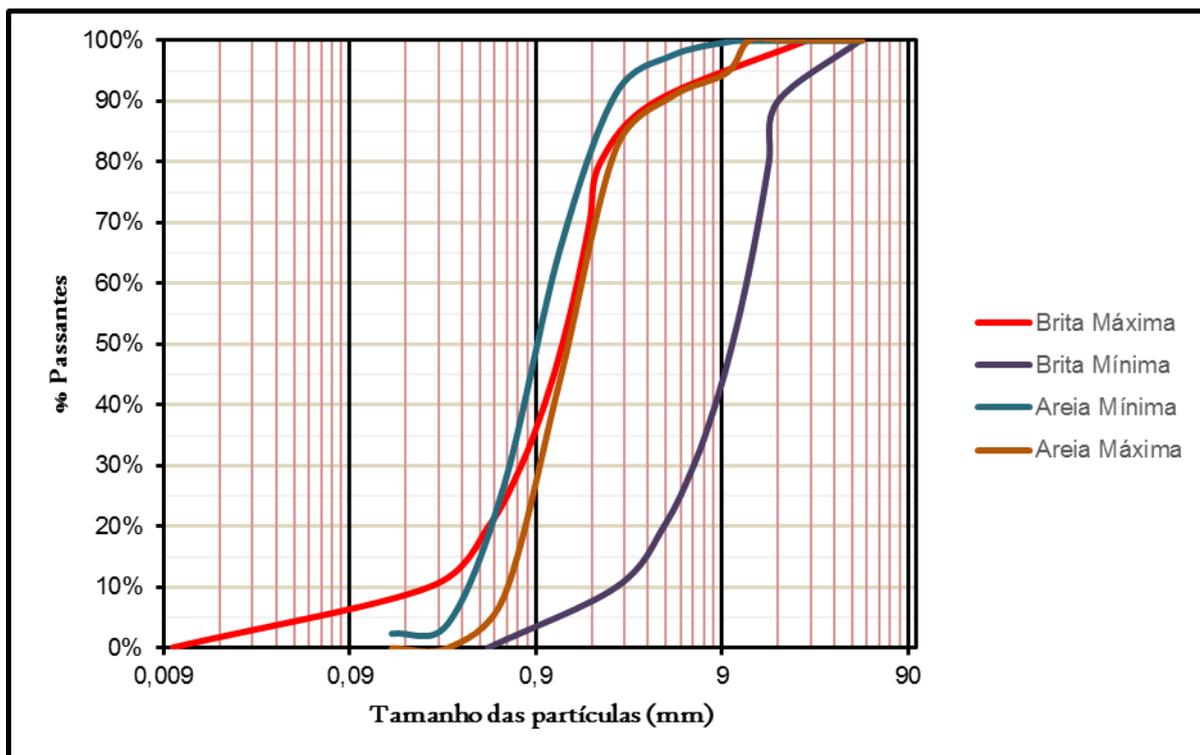
A pesquisa objetiva a apresentação de uma abordagem teórica de dimensionamento de filtros e a sua aplicação em uma avaliação da eficiência do filtro da barragem de Taquara, analisando se a mesma atende os critérios básicos de dimensionamento estabelecidos por Terzaghi (1946): (a) retenção das partículas do solo protegido e (b) capacidade de drenar a água que percola no solo protegido. E uma análise do confronto entre as curvas granulométrica do solo protegido com as curvas de vazios do filtro.

MATERIAIS E MÉTODOS

A barragem de Taquara localizada no município de Cariré no estado do Ceará foi construída no período de 2008 a 2011 pelo Governo Federal por meio do Ministério da Integração Nacional (MI) e do Departamento Nacional de Obras Contra a Seca (DNOCS). A barragem é do tipo de terra homogênea com capacidade de 274.000.000 m³, de altura máxima de 31 m e uma vazão regularizada de 3,830m³/s. Foi dimensionado um dreno vertical de areia natural compactada, e um dreno horizontal do tipo sanduíche composto por um dreno de brita com 60cm de espessura e em suas extremidades 20 cm de areia natural compactada.

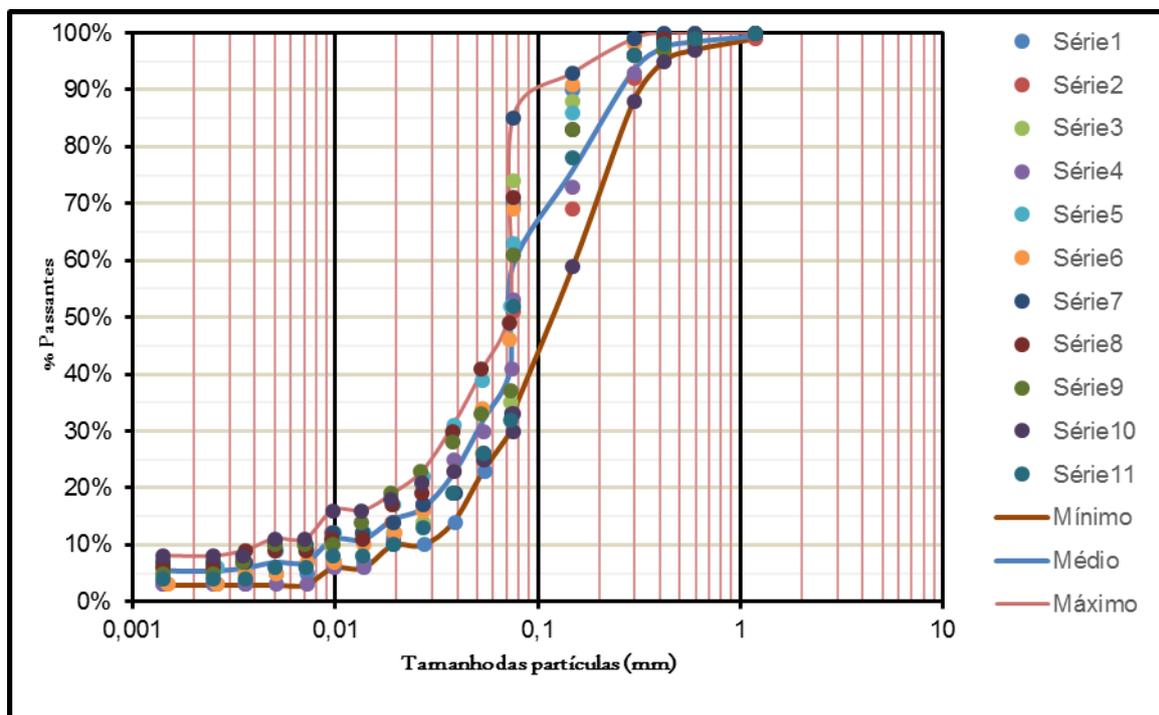
Foram utilizados como dados de entrada para o dimensionamento as envoltórias máxima e mínima das curvas granulométricas dos materiais que compõem o filtro (Figura 1), e as envoltórias máxima, média e mínima do material da fundação (Figura 2).

Figura 1. Envoltórias granulométricas utilizadas para a camada de brita e de areia compactada.



Fonte: Secretária de Recursos Hídricos – SRH - CE

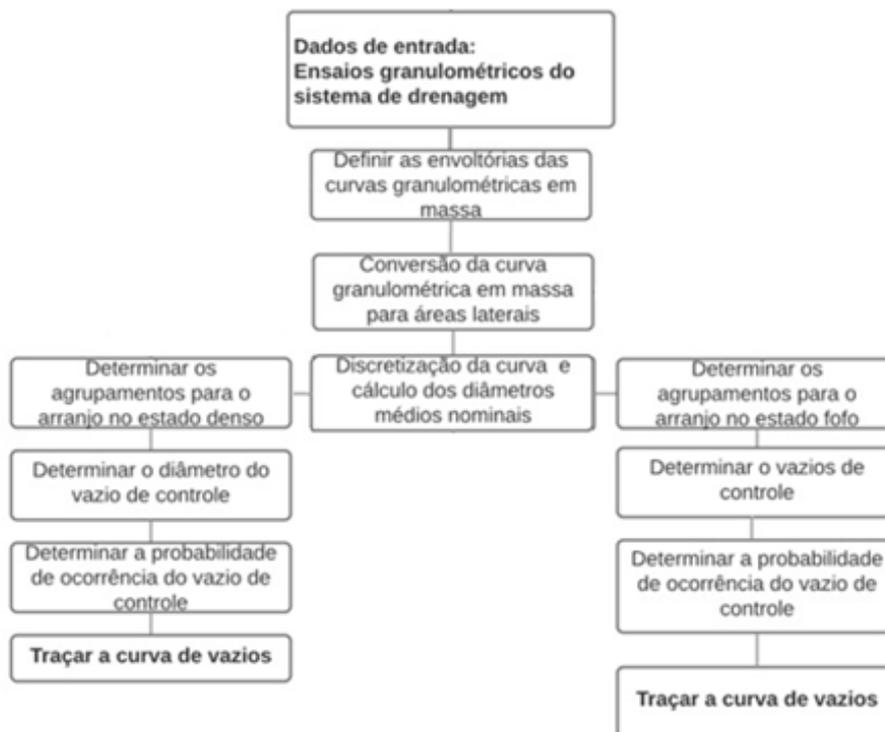
Figura 2. Curvas granulométricas do solo de fundação da barragem.



Fonte: Secretária de Recursos Hídricos – SRH - CE

Os métodos de análise consistem no dimensionamento das curvas de vazios no estado denso e estado fofo por áreas laterais para cada envoltória granulométrica dos materiais do dreno horizontal conforme os estudos apresentados por Silveira (1964), Silveira (1975) e Humes (1996). O dimensionamento de cada curva de vazios é feito conforme apresentado no organograma da Figura 3.

Figura 3. Organograma para o dimensionamento das curvas de vazios do filtro.



As curvas de vazios dimensionadas até então representam o filtro em seus estados denso e fofo, porém estes estados de compactação são improváveis na prática, sendo necessário dimensionar curvas intermediárias a partir da variação do seu índice de densidade, ρ_r , para uma correta representação do filtro.

Com as curvas de distribuição de vazios já dimensionada, a análise do carreamento das partículas se resume ao estudo dos confrontos entre esses vazios com a granulometria do solo carreado, determinando se o filtro apresenta uma zona de autofiltragem e se o mesmo foi bem dimensionado a partir dos critérios de dimensionamento de filtro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

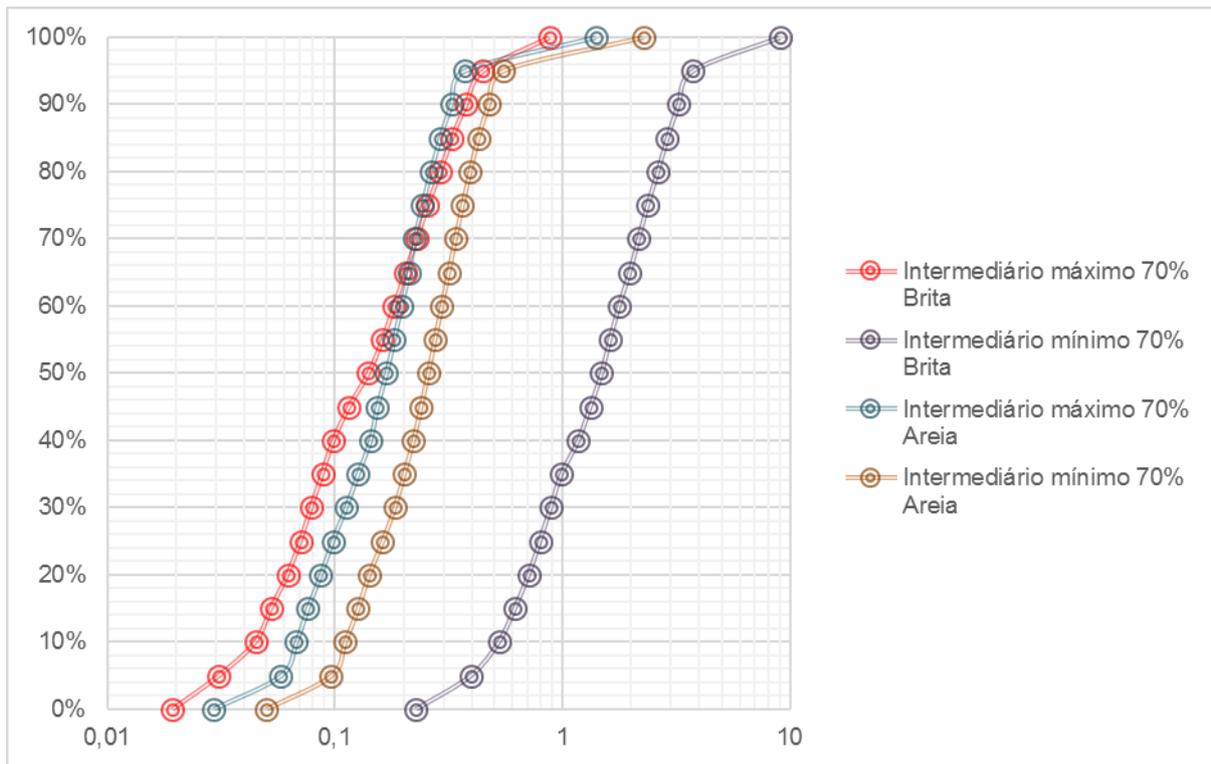
Primeiramente, foram dimensionadas as curvas de vazios para os estados denso e fofo por áreas laterais das envoltórias dos materiais utilizados no dreno da barragem e a partir destas curvas forma definidas curvas de vazios para cada envoltória em um estado intermediário com um índice de densidade de 70% (Figura 4).

Por meio do estudo dos confrontos entre as curvas de vazios do filtro com as curvas granulométricas do material base, Raut e Indraratna (2006) definiram que a dimensão do vazio de controle para uma probabilidade de ocorrência de 35%, $P_c = 35\%$

, deve ser menor que o diâmetro das partículas do material base correspondente a 15% passantes na curva granulométrica, $D_{15} < d_c$

, afim de garantir que pelo menos 15% das partículas do material base sejam retidas no início do processo, assegurando uma zona de autofiltragem do filtro.

Figura 4. Curva de vazios das envoltórias dos materiais do filtro.



Na Tabela 1 é apresentado as razões entre os confrontos das curvas granulométricas do solo base com as curvas de vazios dos materiais do filtro, assim como é feita um confronto entre as granulometrias da areia compactada com os vazios da brita. É observado que em alguns confrontos os critérios de dimensionamento não são atendidos, tornando possível o estado de ineficiência do filtro por parte do projeto.

Tabela 1. Análise da eficácia do filtro utilizando o critério utilizado por Raut e Indraratna (2006).

		Material Base				
		Env. Solo Mínima	En n v. S o l o M á x i m i n i m a	En v. S o l o M á x i m i n i m a	E n v. A r e i a M á x i m a	En v. A r e i a M á x i m a
		2817				
de Vazios	M í n i m a	0,7143	0,893	2,6827	-	-

	Ar ei a		8			
	M á x i m a A r e i a	0,4487	0, 5 6 1 5	1, 68 53	-	-
	M í n i m a B r i t a	3,5138	4, 3 9 6 9	13 ,1 97 3	0, 28 23	0, 48 83
	M á x i m a B r i t a	0,3124	0, 3 9 0 9	1, 17 33	0, 02 51	0, 04 34

CONCLUSÃO

Um correto dimensionamento do filtro com base em abordagens teóricas é necessário para garantir o bom funcionamento da barragem e evitar possíveis processos de erosão interna.

Conforme as análises feitas com os materiais do filtro, o mesmo apresentou casos de ineficiência de acordo com o critério utilizado, porém durante a etapa de execução a granulometria dos materiais do filtro foram alteradas com a finalidade de corrigir os erros de projeto.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela concessão de bolsa de pesquisa ao primeiro e segundo autor e à UVA, pelo incentivo a atividades de iniciação científica.

REFERÊNCIAS

- DNOCS. 2016. Disponível em: <<http://www.dnocs.gov.br/barragens/>> Acesso em: 31 jun. 2016.
- Federico F. & Musso A. (1985), Pore size distribution in filtration analyses, XI ICSM E.S. Francis (Ed.), Vol III, 1207-1212p.
- Humes, C. A new approach to compute the void-size distribution curves of protective filters, Proceedings of Geofilters'96. LAFLEUR, J. & Rolin, Al. (editors). Bitech Publications: Montreal, 1996. 21-34p.
- Locke, Mark R., Analytical and laboratory modelling of granular filters for embankment dams, Doctor of Philosophy thesis, University of Wollongong. Faculty of Engineering, 2001.
- Pimenta Filho, M. A. Análise da erosão interna de solos em barragens com base na distribuição de vazios. Dissertação de Mestrado – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Curso de M4estrado em Geotécnica e Transporte, Belo Horizonte, MG, 2013.
- Raut, Ashok K, Mathematical modelling of granular filters and constriction-based filter design criteria, PhD, Department of Civil Engineering, University of Wollongong, 2006.
- Secretaria de Recursos Hídricos, Estudo de alternativas, viabilidade e projeto básico da alternative selecionada para Barrage de Taquara, Tomo II – Relatório de estudos básicos, Fortaleza – CE, 2000.
- Secretaria de Recursos Hídricos. 2016. Disponível em:< http://atlas.srh.ce.gov.br/infra-estrutura/acudes/detalhaCaracteristicasTecnicas.php?cd_acude=110&status=1> Acesso em: 31 jun. 2016.

Silveira, A. Algumas considerações sobre filtros de proteção - Uma Análise do Carreamento. Tese de Doutorado. EPUSP, São Paulo, 1964.

Silveira, A.; Peixoto, J. T. L.; Nogueira J. On Void Size Distribution of Granular Materials, Proc. 5th Pan-American Conf. Soil Mechanics and Foundation Engineering, 1975, 160-167 p.