

ESTIMATIVA DAS PRESSÕES MÉDIAS À JUSANTE DE COMPORTAS EM UM CONDUTO RETANGULAR

BRUNA MOREIRA SELL¹; **JOANA SOUZA DE GUSMÃO²**; **PRISCILA DOS SANTOS PRIEBE³**; **MAURICIO DAI PRÁ⁴**

¹*Universidade Federal de Pelotas – brunamoreirasell@hotmail.com*

²*Universidade Federal de Pelotas – joana.de.gusmao@hotmail.com*

³*Universidade Federal de Pelotas – priscilaspriebe@gmail.com*

⁴ *Universidade Federal de Pelotas – mdaipra@gmail.com*

1. INTRODUÇÃO

A predição de danos em estruturas hidráulicas requer o conhecimento dos esforços hidrodinâmicos aos quais a mesma estará passível de sofrer, obtidos a partir das características de escoamento.

Conforme MELO (2011) os modelos físicos em escala reduzida são ferramentas que exercem grande importância para o estudo em laboratório, pois apresentam custos relativamente baixos, em relação ao estudo em protótipos e apresentam a vantagem de poder retratar o comportamento de uma estrutura completa, com semelhança geométrica, cinética e dinâmica. De acordo com MENDONÇA (2013), no caso particular de projetos de obras hidráulicas, os modelos reduzidos permitem o estudo de fenômenos hidráulicos de difícil caracterização analítica, associados à complexidade das formas das próprias estruturas, assim como as da topografia do terreno em que elas se inserem.

De forma a controlar o fluxo em estruturas hidráulicas, como no enchimento/esvaziamento de eclusas, empregam-se dispositivos hidromecânicos como as comportas. No entanto, a fim de evitar a ruptura do conduto é extremamente necessário conhecer a carga de pressão média que o mesmo está submetido, principalmente a jusante da comporta, pois como BATTISTON (2013) afirma, o escoamento em tal região é altamente turbulento. PRIEBE (2016) destaca que as estruturas a jusante de comportas hidráulicas sofrem esforços hidrodinâmicos, onde modelos reduzidos de comportas são largamente usados para detectar as grandezas físicas em escala reduzida.

O presente estudo objetiva comparar as mínimas pressões médias da base de um conduto retangular de um modelo reduzido à jusante da comporta, avaliando valores experimentais e valores estimados analiticamente.

2. METODOLOGIA

Os dados coletados para a realização deste trabalho foram obtidos em um modelo reduzido de um aqueduto de enchimento/esvaziamento de uma eclusa de navegação de média/alta queda em escala 1:32, implementado no laboratório de hidráulica e hidroenergia do curso de Engenharia Hídrica da Universidade Federal de Pelotas. Foram coletados os dados de pressão média através de um piezômetro construído no próprio laboratório, à jusante da comporta instalada no modelo (do tipo segmento invertido) na base do conduto retangular.

Foram medidos os valores de pressão média em 17 pontos da base do conduto, à jusante da comporta, para diferentes vazões e distintas aberturas, conforme apresentados na tabela 1.

Tabela 1 - Condições de ensaio e registro dos valores de pressão média.

Vazão (L/s)	Condições de Ensaio												
	2,5	2,8	3,2	3,9	5,0	5,7	7,1	10,6	15,9	19,8	23,0	27,4	31,8
Abertura(%)	10	20	30	40	50	60	70	80	90				

Os dados estimados de acordo com a metodologia proposta por PRIEBE (2016) foram calculados para as mesmas vazões e aberturas dos dados medidos. A obtenção da pressão média adimensional se deu a partir da equação 1.

$$P_{adm} = A + B \cdot X_{adm} + C \cdot X_{adm}^2 + D \cdot X_{adm}^3 + E \cdot X_{adm}^4 \quad \text{Equação 1}$$

Onde os parâmetros A, B, C, D e E foram adotados de acordo com o grau de abertura da comporta conforme PRIEBE (2016). Os valores de X_{adm} , analisados neste estudo, são apresentados na tabela 2.

Tabela 2 -Distâncias adimensionais usadas para a estimativa da pressão média.

X_{adm}	Condições de Ensaio							
	0,2	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	6,0

A estimativa da pressão média se deu através do emprego da equação 2, aplicada nas mesmas condições experimentais de vazão e abertura da comporta ensaiadas.

$$\frac{\bar{P}}{\gamma} = P_{adm} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} - \left(\frac{Y_L}{D} \right)^{\alpha_{med}} \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

$\frac{\bar{P}}{\gamma}$ = carga de pressão média no ponto de medição;

P_{adm} = coeficiente de pressão média, obtidos a partir da equação 1;

V = velocidade média do escoamento na seção da comporta, dada pela equação da continuidade;

g = aceleração da gravidade;

Y_L = altura conjugada lenta;

D = altura do conduto, equivalente a 0,125m;

α_{med} = expoente para o adimensional de pressão média (PRIEBE, 2016).

Os valores de altura conjugada lenta para cada vazão e abertura da comporta foram obtidos através da equação 3, proposta por RAJARATNAM (1967).

$$Y_L = \left\{ \frac{\left(\frac{D}{Y_R} \right)^n + n \cdot \left(\frac{D}{Y_R} \right)^{2 \cdot n + 1} - \frac{n+1}{n} \cdot F_R^2 \left[1 + \beta - \left(\frac{D}{Y_R} \right)^n \right]}{(1+n) \cdot \left(\frac{D}{Y_R} \right)^n} \right\} \cdot Y_R \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

Y_R = altura conjugada rápida, obtida através da multiplicação das diferentes aberturas da comporta pela altura do conduto retangular (D);

β = coeficiente de aeração, igual a zero;

F_R = número de Froude;

n = coeficiente de forma, adotado igual a 1 para condutos retangulares.

Os dados coletados foram confrontados com os valores estimados, sendo gerados gráficos de pressão média para todas as vazões e todas as aberturas, de modo a encontrar o ponto de menor pressão média, para o ponto medido e a distância do mesmo em relação à comporta. Com isso, se pode comparar o mesmo ponto estimado analiticamente. A figura 1 apresenta, a título de exemplo, o gráfico gerado para a comparação entre o método analítico e o experimental, para a abertura de 40% e vazão de 14,1 L/s.

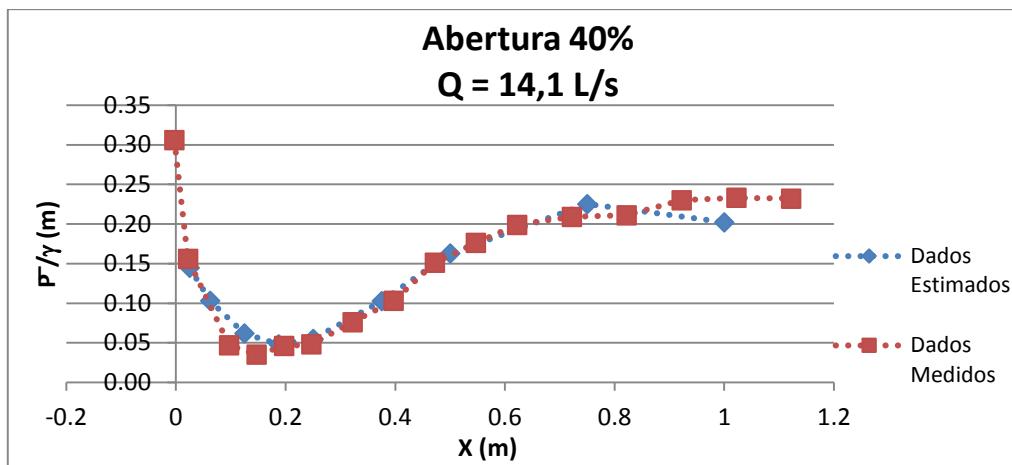


Figura 1 - Exemplificação do método de obtenção do valor de pressão média para os dados estimados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 3 apresenta a comparação entre as cargas de pressão média (mm.c.a.) estimadas analiticamente e as coletadas experimentalmente no modelo físico reduzido e a diferença de carga entre os métodos (mm.c.a.), para as aberturas de 20, 40, 60 e 80% e as respectivas vazões ensaiadas.

Percebe-se que na abertura de 20%, a maior diferença de carga de pressão entre os métodos (143mm.c.a.) é obtida na maior vazão ensaiada para tal abertura, respeitando a metodologia. O mesmo ocorre nas aberturas de 10 e 30%, correspondendo à carga de 62mm.c.a. e 63mm.c.a. respectivamente. Enquanto que, como mostra a tabela 3, para a abertura de 60%, a maior diferença entre cargas de pressão média não é encontrada na maior vazão ensaiada, porém a imediatamente próxima é dada também na maior vazão, comportamento similar à abertura de 50%.

As variações entre os métodos são, em geral, inferiores à 70mm.c.a.. Exceto a condição de 20% de abertura da comporta, para a vazão de 10,6L/s, único valor superior apresentado na tabela.

Tabela 3 - Comparação entre os dados de pressão média medida experimentalmente e os estimados analiticamente, dados em mm.c.a.

7,1	83	90	-7	161	164	-3							
10,6	-55	88	-143	106	116	-10							
14,1				35	60	-25	148	158	-10				
15,9				-11	20	-31	126	145	-19	213	222		-9
19,8				-128	-100	-28	78	108	-30	221	233		-12
23,0				-253	-202	-51	35	60	-25	225	245		-20
27,4				-443	-402	-41	-46	20	-66	236	261		-25
31,8				-666	-643	-23	-132	-77	-55	248	268		-20

4. CONCLUSÕES

Com o presente estudo, é possível afirmar que o método analítico recomendado por PRIEBE (2016) e empregado neste estudo tem um ajuste satisfatório. Tendo em vista que, foram classificados pelos autores como ajuste bom a diferença de carga de pressão média entre o método analítico e o experimental, igual ou inferior à 63mm, o que em protótipo corresponderia à 2m.c.a..

Com o presente estudo é possível inferir que o método apresenta limitações quanto à análise da carga de pressão média mínima, para a maior vazão ensaiada para cada abertura. É possível afirmar que erros na parte experimental, tais como erro ou imprecisão de leitura dos piezômetros, possam ter influenciado nos resultados, bem com no próprio método usado neste estudo, pois se limitou a uma estimativa visual, o que pode trazer erros implícitos ao método.

Pretende-se para futuros trabalhos, usar dados de outros modelos reduzidos para validar o método aqui empregado.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BASTITON, C.C. **Análise da Dinâmica do Escoamento a Jusante de Comporta de Controle de Vazão em Aqueduto de Eclusa de Navegação**. 2013. 252f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

MELO, L.R.T. **Monitoração de Modelos Físicos Reduzidos para Investigação do Comportamento de Estruturas em Escala Real**. 2011. 261f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

MENDONÇA, M. **Estudo Hidráulico em Modelo Reduzido de Descarregadores de Cheias: Utilização de Conchas de Rolo na Dissipação de Energia do Escoamento**. 2013. 91f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil na Área de Espacialização de Hidráulica), Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.

PRIEBE, P.S. **Caracterização das Pressões Induzidas pelo Escoamento a Jusante de Comportas em Condutos Retangulares**. 2016. 172f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) – Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Pelotas.

RAJARATNAM, N. & SUBRAMANYA, K. Flow equations for the sluice gate. *J. Irrig. Drain Eng.*, v. 93, n. 3. 1967.