

AVALIAÇÃO DO COEFICIENTE DE DESCARGA PARA COMPORTAS SEGMENTO EM DESCARREGADORES DE FUNDO

Elias Wehrmeister

VLB Engenharia, Brasil
E-mail: elias.wehrmeister@vlb.com.br

Introdução

Em obras hidráulicas, o cálculo da capacidade de descarga das estruturas vertentes é uma importante etapa, motivando até mesmo na escolha do tipo de estrutura. Em vertedouros controlados, a existência de comportas permite a regularização de vazões e o controle dos níveis de água a montante.

A geometria de um descarregador de fundo controlado por comportas segmento foi simulada em modelo físico reduzido e os resultados de capacidade de descarga foram confrontados com as estimativas teóricas.

Da análise dos resultados, foi possível deduzir um fator de correção para o coeficiente de descarga teórico.

Capacidade de descarga teórica

A capacidade de descarga para comportas segmento operando parcialmente abertas pode ser calculada pela equação de orifícios:

$$Q = C_c A \sqrt{2gH'} \quad [1]$$

em que a vazão Q [m^3/s] é função do coeficiente de descarga C_c , a área do orifício A [m^2] e a carga hidráulica H' [m], que é a diferença entre a energia de montante e a elevação da lâmina na seção de maior contração a jusante da comporta. Uma vez que a contração do jato é, na verdade, o coeficiente de descarga aplicado à área do escoamento, e sendo a área do orifício de fácil obtenção, resta clara a importância da estimativa do coeficiente de descarga.

Henderson (1966) apresenta uma equação de segundo grau para

o coeficiente de descarga em função do ângulo que a reta tangente no ponto de abertura da comporta faz com a horizontal:

$$C_c = 1 - 0,75 \cdot \theta + 0,36 \cdot \theta^2 \quad [2]$$

sendo θ em unidades de 90 graus.

Outros autores como Chow (1959) e *Corps of Engineers* (1955) apresentam ábacos para estimativa do coeficiente de descarga, considerando ainda a abertura da comporta e a carga hidráulica a montante. Contudo, a simplicidade da equação de Henderson (1966) facilita a sua utilização em dimensionamentos hidráulicos. De acordo com o autor, a expressão tem uma precisão de $\pm 5\%$ se o valor de θ for menor que a unidade, isto é, se o ângulo de tangência for menor que 90° .

Capacidade de descarga experimental

Em laboratório, a capacidade de descarga para aberturas parciais de comportas segmento foi testada em um modelo físico reduzido bidimensional. O modelo foi construído na escala 1:30 de acordo com os critérios de semelhança de Froude, tendo sido representado um vão de 6,28 m de largura, mais dois vãos parciais, cada um com a metade da largura do vão completo. Uma altura total de 8,90 m dos vãos foi controlada pela abertura parcial de comportas segmento de raio igual a 10,55 m.

A estrutura foi alimentada por um vertedouro triangular, localizado no início de um canal de aproximação de 240 m, para diversas vazões, variando-se a abertura vertical da comporta e registrando-se a energia específica de montante resultante para cada cenário. As aberturas simuladas foram variadas a cada metro de 1 a 7 m.

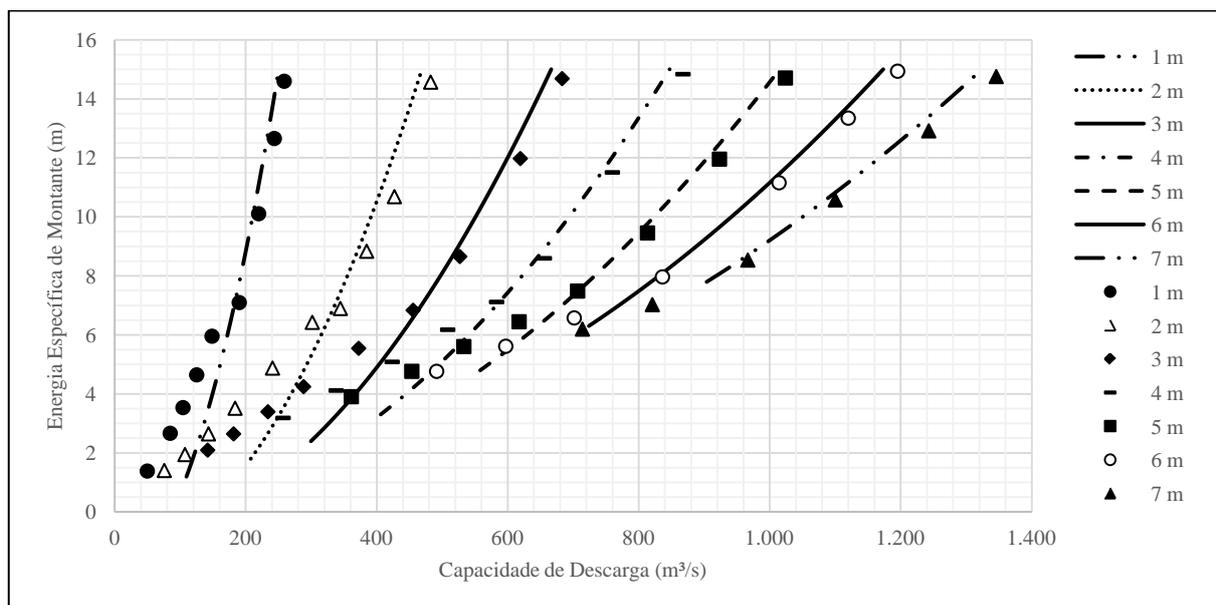


Figura 1.- Comparação dos Resultados do Modelo Físico Reduzido (pontos) com as Curvas de Descarga Teóricas (linhas).

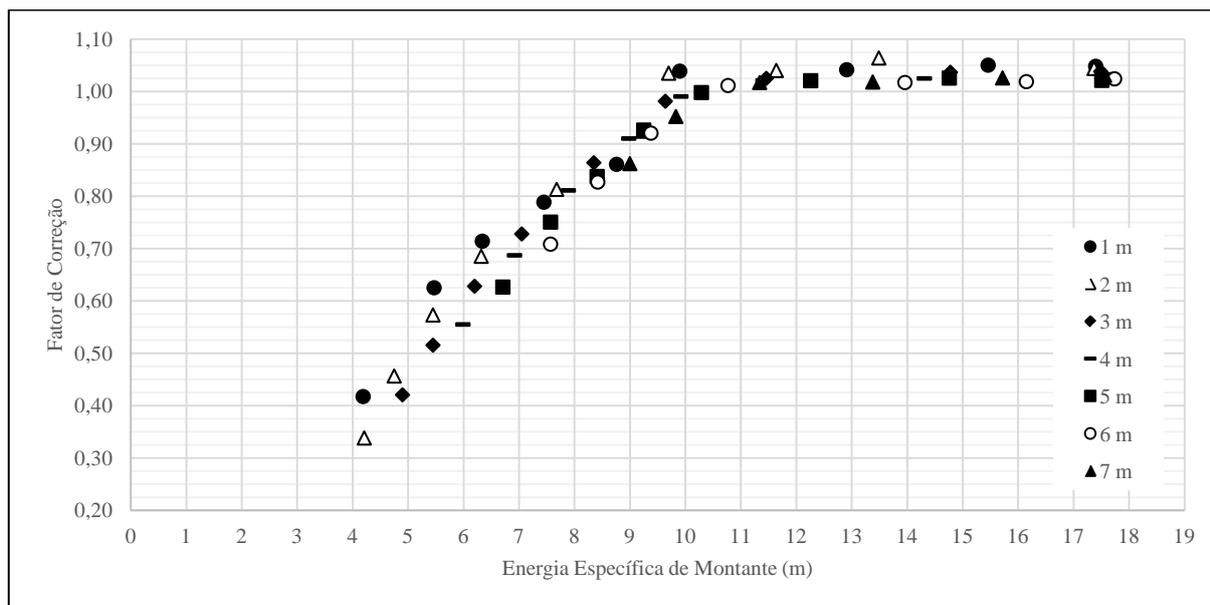


Figura 2.- Variação do Fator de Correção com a Energia Específica de Montante, sendo consideradas Diversas Aberturas Verticais da Comporta.

Análise dos resultados

Os cenários simulados em modelo reduzido tiveram seu resultado de capacidade de descarga confrontados com a curva de descarga teórica, em termos de energia específica de montante. Como pode ser visto na Figura 1, o cálculo teórico superestimou a capacidade de descarga para baixas energias específicas. A medida de que energia aumenta, há a diminuição gradativa da diferença entre o cálculo teórico e o resultado experimental, até que o teórico passa a representar uma capacidade de descarga inferior ao medido em laboratório. Este comportamento para a diferença entre o teórico e o experimental é comum para todas as aberturas de comporta.

Enquanto que para energias específicas superiores a 10 m a diferença da estimativa teórica para o simulado foi entre 2 e 5%, corroborando com a precisão afirmada por Henderson (1966), para as menores energias a diferença foi de até 200%. Esta comparação indica que a precisão da equação sugerida por Henderson (1966) varia com a carga hidráulica, sendo independente da taxa de abertura das comportas.

Seguindo esta linha, para cada resultado obtido em laboratório, o respectivo coeficiente de descarga experimental (C_e) foi calculado e teve sua variação percentual com relação ao teórico (C_c) avaliada. Este processo permitiu identificar uma tendência de variação em função da carga hidráulica, mostrada na Figura 2, em termos de um Fator de Correção do Coeficiente Teórico:

$$F_c = \frac{C_e}{C_c} - 1 \quad [3]$$

A avaliação gráfica evidencia o comportamento de subestimativa para cargas hidráulicas superiores a 10 m, com pouca variação em torno do fator de 1,03. A medida que a carga hidráulica diminui para valores menores que 10 m, o fator de correção diminui drasticamente, chegando a valores próximos de 0,40 quando a carga é de 5 m.

Considerando a tendência de variação, foi possível ajustar um conjunto de duas equações para o fator de correção da estimativa do coeficiente de descarga conforme proposto por Henderson (1966), em função da energia específica de montante

H [m], sendo o resultado de uma equação a redução e da outra a majoração do coeficiente. A faixa de aplicação das equações representa os valores testados em modelo reduzido:

$$H < 10 \quad F_c = -0,18 + 0,15 \cdot H - 0,0031 \cdot H^2 \quad [4]$$

$$10 < H < 18 \quad F_c = 0,81 + 0,03 \cdot H - 0,001 \cdot H^2 \quad [5]$$

Conclusões

A comparação entre os resultados experimentais e teóricos permitiu encontrar uma clara tendência da precisão da estimativa teórica do coeficiente de descarga em função da energia específica de montante. Para a geometria simulada, a equação de Henderson (1966) tende a superestimar a capacidade de descarga para energias específicas de montante inferiores a 10 m, enquanto subestimada para valores maiores.

Pela análise dos resultados, foi possível determinar um conjunto de duas equações para determinação do fator de correção, em função da energia específica de montante, a ser aplicado no coeficiente de descarga teórico.

Referências bibliográficas

- Chow, V.T. (1959). *Open-Channel Hydraulics*. McGraw-Hill. Nova Iorque, EUA.
- Corps of Engineers (1955). *Hydraulic Design Criteria*. US Army.
- Henderson, F.M. (1966). *Open Channel Flow*. McMillan. Nova Iorque, EUA.