



## Avaliação do Potencial Cavitante através da Utilização de Índices de Cavitação a Jusante de Comportas Segmento Invertida

**Autor: Douglas da Silveira de Lima**  
**Orientador: Mauricio Dai Prá**

### Introdução

A utilização de comportas para controlar a vazão em estruturas hidráulicas é bastante comum, no entanto sua operação deve ser realizada com cautela, em virtude da ocorrência de escoamentos turbulentos a jusante destes dispositivos, os quais produzem esforços hidrodinâmicos intensos que podem causar danos à estrutura.

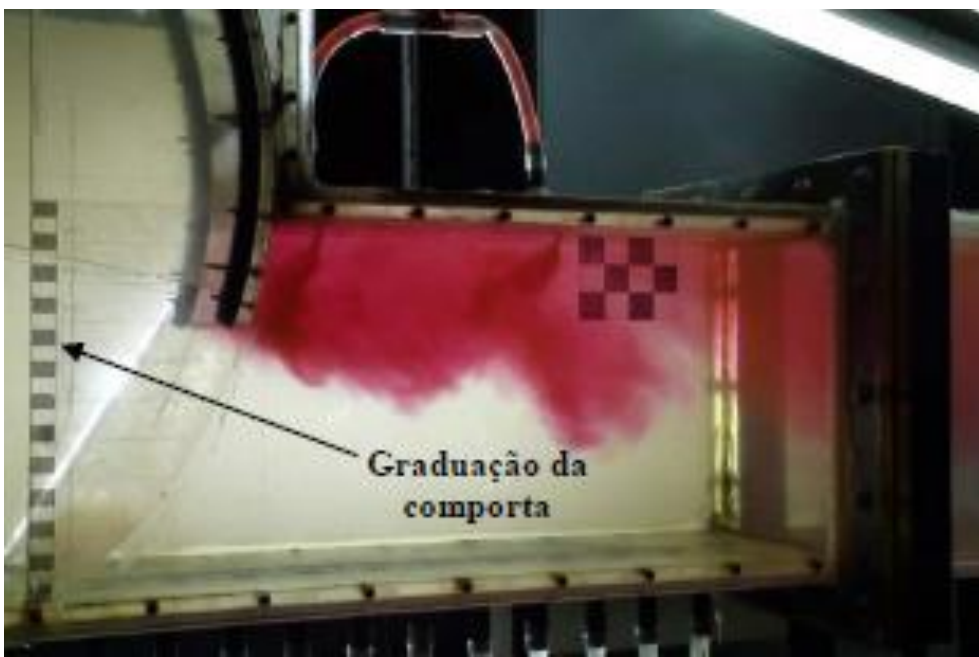
### Objetivo

Analisar através de modelos reduzidos de comporta segmento invertida as pressões em escala de protótipo e avaliar os índices de cavitação a jusante da mesma.

### Metodologia

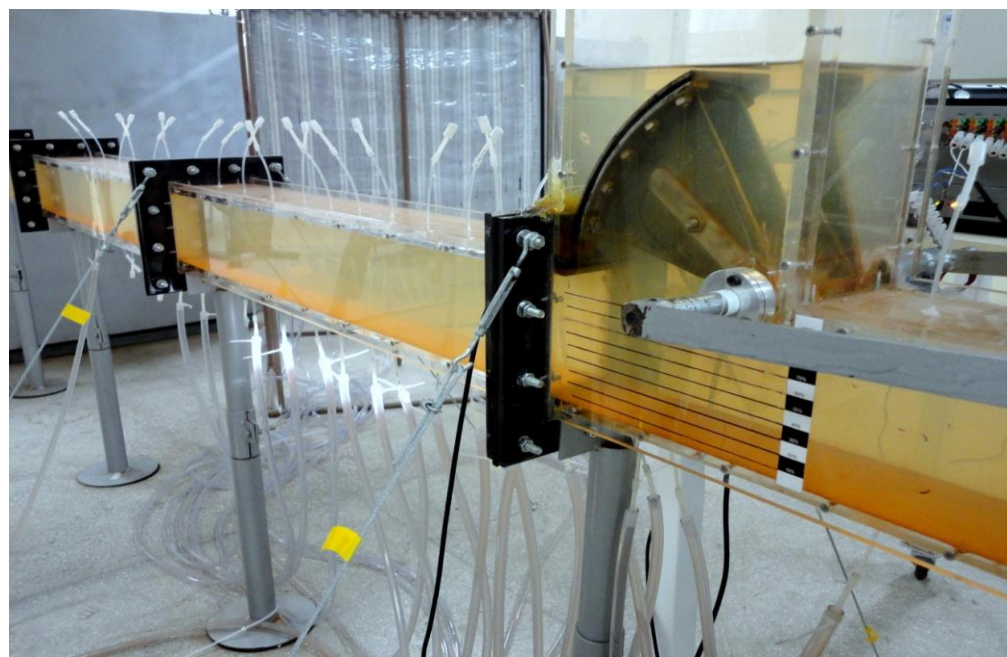
Os dados do estudo foram coletados em dois diferentes modelos reduzidos genéricos de condutos com comporta tipo segmento invertida. Tomando como base um conduto de altura 4m, é possível atribuir escalas aos modelos e utilizar a semelhança de *Froude* (equação 1 e tabela 1), sendo que o modelo do Laboratório de Obras Hidráulicas – IPH/UFRGS (figura 1) possui escala de 1:16, e, o modelo do Laboratório de Hidráulica e Hidroenergia – UFPel (figura 2) possui escala de 1:32. Os valores de pressões dos condutos a jusante da comporta dos modelos reduzidos foram obtidos através de transdutores de pressão ao longo da seção turbulenta.

Figura 1: Modelo reduzido instalado no LOH-UFRGS, ensaio com adição de corante



Fonte: Kempka, 2014

Figura 2: Modelo reduzido de uma comporta tipo segmento invertida instalada na UFPel



Fonte: Priebe, 2016

Tabela 1: Relações de transformação, considerando como protótipo um conduto de 4m de lado

Parâmetro Hidráulico	Dimensão em função do comprimento	Relações de transformação Modelo : Protótipo	
		LOH	UFPel
Comprimento	$L_r = L$	1 : 16	1 : 32
Área	$A_r = L_r^2$	1 : 256	1 : 1024
Tempo	$T_r = L_r^{0.5}$	1 : 4.000	1 : 5.657
Velocidade	$V_r = L_r^{0.5}$	1 : 4.000	1 : 5.657
Vazão	$Q_r = L_r^{2.5}$	1 : 1024.00	1 : 5792.62
Força	$F_r = L_r^3$	1 : 4096	1 : 32768
Pressão	$P_r = L_r$	1 : 16	1 : 32

Fonte: elaborada pelo autor

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g \cdot L}} \quad (1)$$

Sendo: V = Velocidade, m/s  
g = Aceleração da gravidade, m/s<sup>2</sup>  
L = Diâmetro hidráulico, m

Para determinação do índice de cavitação ( $\sigma$ ), foi utilizada a equação 2 (Santos, 1998) e os resultados foram adimensionalizados, através do adimensional de posição (equação 3) e do adimensional de operação (equação 4), propostos por Sell (2017).

$$\sigma = \frac{P + (P_a - P_v)}{\frac{V^2}{2 \cdot g}} \quad (2)$$

Sendo: P = Pressão na veia contraída logo a jusante da comporta, que é uma posição variável com o grau de abertura, m.c.a.

$P_a$  = Pressão atmosférica local, m.c.a.

$P_v$  = Pressão de vapor da água na temperatura considerada em projeto, m.c.a.

V = Velocidade na veia contraída logo a jusante da comporta, m/s

g = Aceleração da gravidade, m/s<sup>2</sup>

$$\Pi_{posição} = \frac{X_{limite}}{H_{abertura\ da\ comporta}} \quad (3)$$

Sendo:  $X_{limite}$  = Trecho até onde há risco de cavitação, m  
 $H_{altura\ do\ conduto}$  = Altura da área abaixo da comporta para uma dada abertura, m

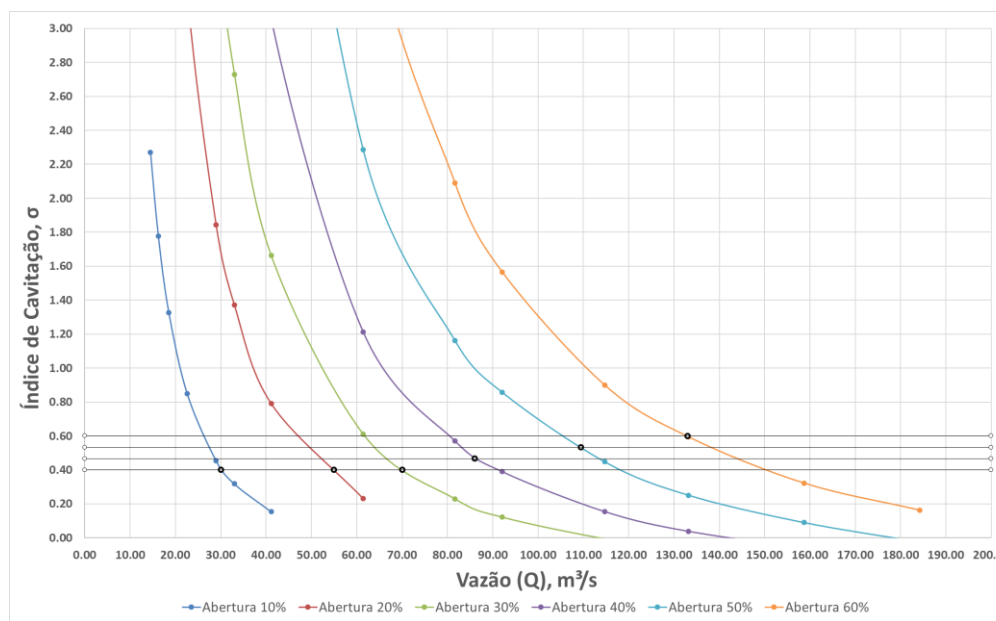
$$\Pi_{operação} = \frac{hf \cdot v}{Q} \quad (4)$$

Sendo: hf = Perda de carga, m  
v = Viscosidade cinemática da água, m<sup>2</sup>/s  
Q = Vazão, m<sup>3</sup>/s

### Resultados

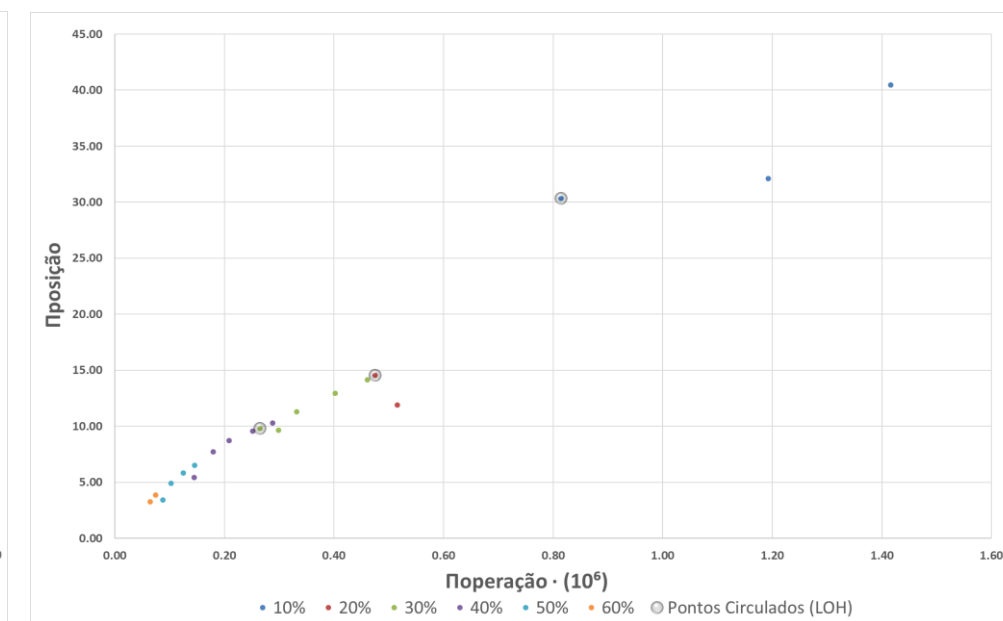
Através do critério citado por Brighetti e Dourado (1988) para comportas segmento invertida, considera-se o índice de cavitação crítico ( $\sigma_c$ ) como limite inferior, de 0,4 para 30% de abertura da comporta e 0,6 para 60% de abertura da comporta, com estes limites foram estimadas vazões críticas (figura 4), e adimensionalização através dos adimensionais  $\Pi_{posição}$  e  $\Pi_{operação}$  (figura 5).

Figura 4: Determinação da vazão crítica para cada abertura da comporta



Fonte: elaborada pelo autor

Figura 5: Resultados adimensionalizados para cada abertura da comporta



Fonte: elaborada pelo autor

### Conclusão

Os resultados obtidos neste trabalho tem o propósito de auxiliar em futuros projetos e em regras de operação para comportas segmento invertida, visto que é possível determinar a vazão em que o processo de cavitação tende a iniciar para cada abertura da comporta e estimar até que ponto ao longo do comprimento do conduto haverá danos.

### Agradecimentos

Agradeço a todos os colegas do Laboratório de Obras Hidráulicas, à UFRGS, ao meu orientador e à Me. Priscila Priebe.

### Referências Bibliográficas

- BRIGHETTI G. e DOURADO C.L. **Aplicações e Usos da Medição de Pressões em Modelos de Eclusas de Navegação**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1988.
- KEMPKA, M. **Estimativa da Distribuição Longitudinal das Pressões a Jusante de Comportas Tipo Segmento Invertida**. Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre – RS, 2014.
- PRIEBE, P. S. **Caracterização das Pressões Induzidas pelo Escoamento a Jusante de Comportas em Condutos Retangulares**. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas – RS, 2016.
- SANTOS, S. R. **Projeto Hidráulico de Eclusas de Alta Queda**. – Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.
- SELL, B. M. **Comprimento Limite de Condutos Retangulares a Jusante de Comportas Sujeitos a Esforços Limites de Tração**. ABRH, Florianópolis – SC, 2017.