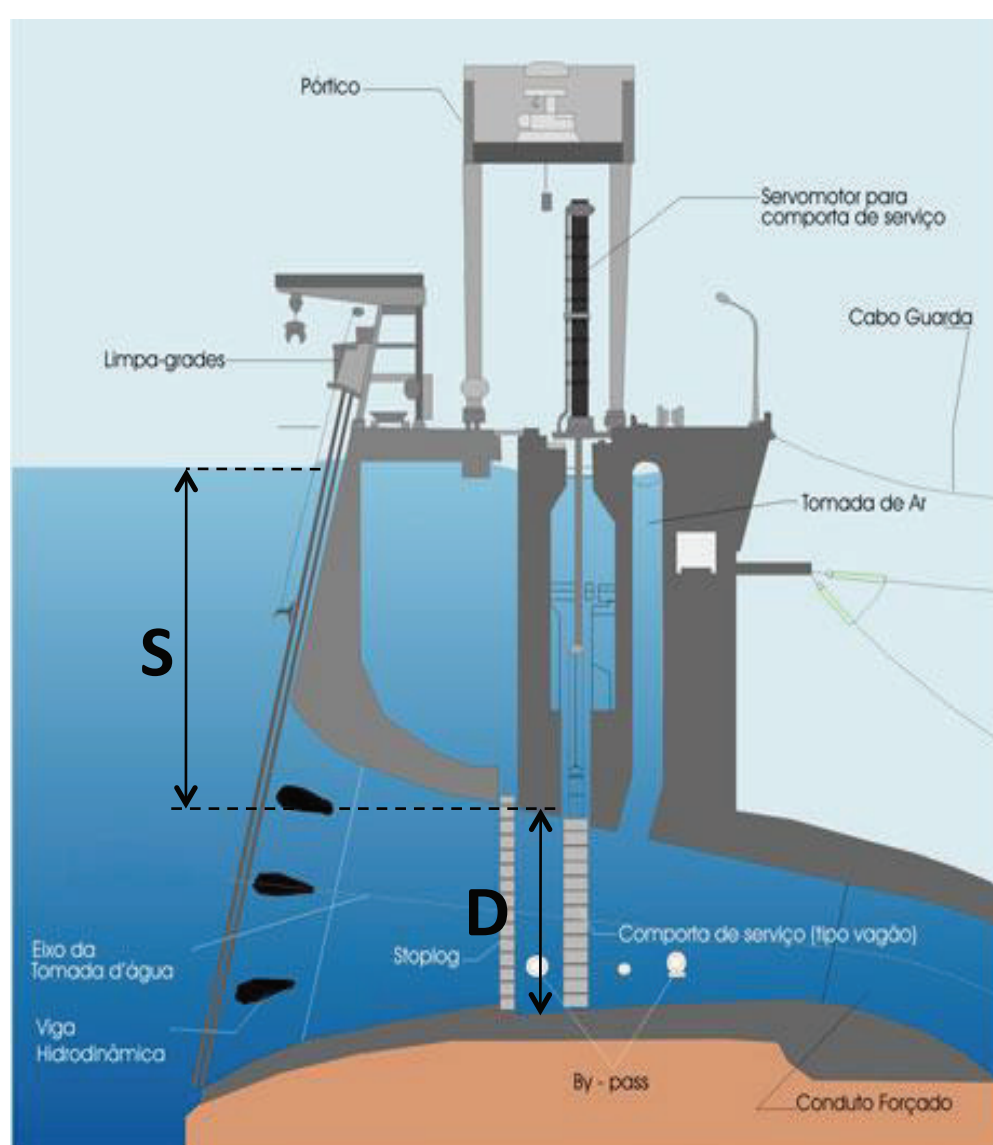


Estudo das Condições de Formação de Vórtices em Tomadas D'água de Usinas Hidrelétricas

Universidade Federal do Rio Grande do Sul - IPH - Laboratório de Obras Hidráulicas

INTRODUÇÃO

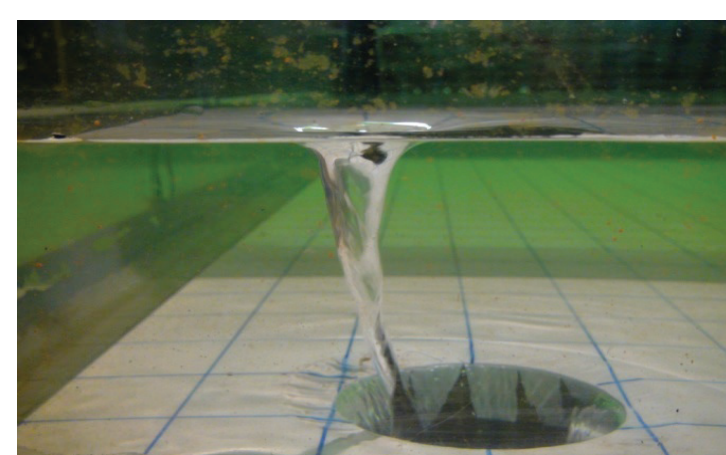
A tomada d'água de uma usina hidrelétrica é responsável por captar água do reservatório e conduzir até as turbinas. No dimensionamento e na operação de um sistema de adução de água de uma usina hidrelétrica devem ser evitadas as condições que favoreçam a formação de vórtices que possibilitem a entrada de ar pela tomada de água.



Esquemática de uma tomada d'água de UHE e suas principais variáveis:
S = submersão e D = diâmetro da tomada d'água
(Fonte: adaptado de ITAIPU BINACIONAL).

O arraste de ar para dentro da tubulação pode ocasionar diversos fenômenos prejudiciais ao funcionamento da UHE, tais como:

- * diminuição do rendimento de turbinas;
- * aumento das perdas de carga;
- * ocorrência de cavitação;
- * vibrações indesejadas nas comportas e em outros equipamentos de controle.



Vórtice com arraste de ar.

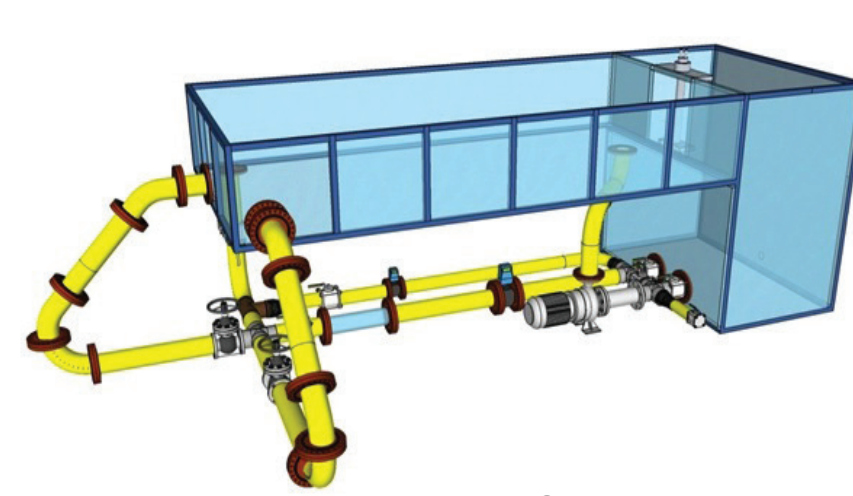
METODOLOGIA DE PESQUISA

Análise experimental em 2 modelos físicos de laboratório com dimensões distintas.

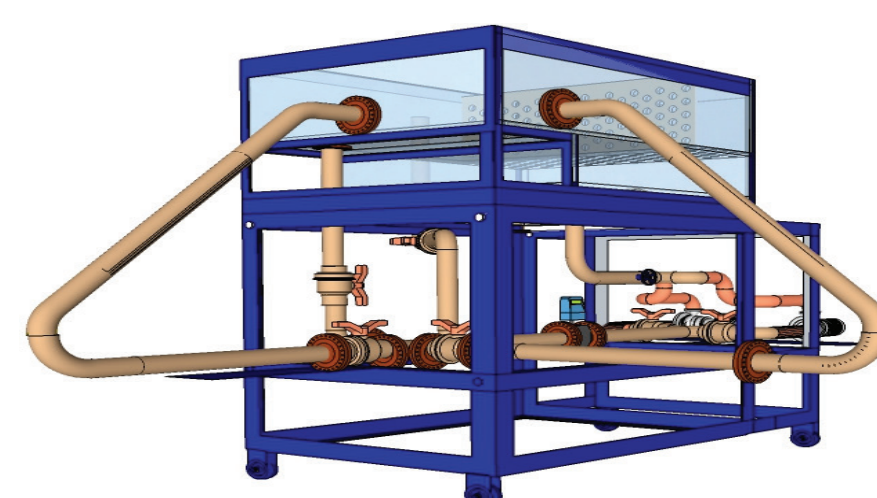
Ensaios realizados para diferentes:

- * tipos de tomada de água (vertical e horizontal);
- * condições de aproximação (simétrica e assimétrica);
- * submersão;
- * vazão.

O modelo MLOH1 (escala 1:100) tem geometria genérica e é constituído por um reservatório superior, uma bomba centrífuga, 1 tomada d'água vertical assimétrica e 2 horizontais, sendo uma simétrica e a outra assimétrica. Já o modelo MLOH2 é uma réplica, em escala 1:2 do modelo MLOH1.

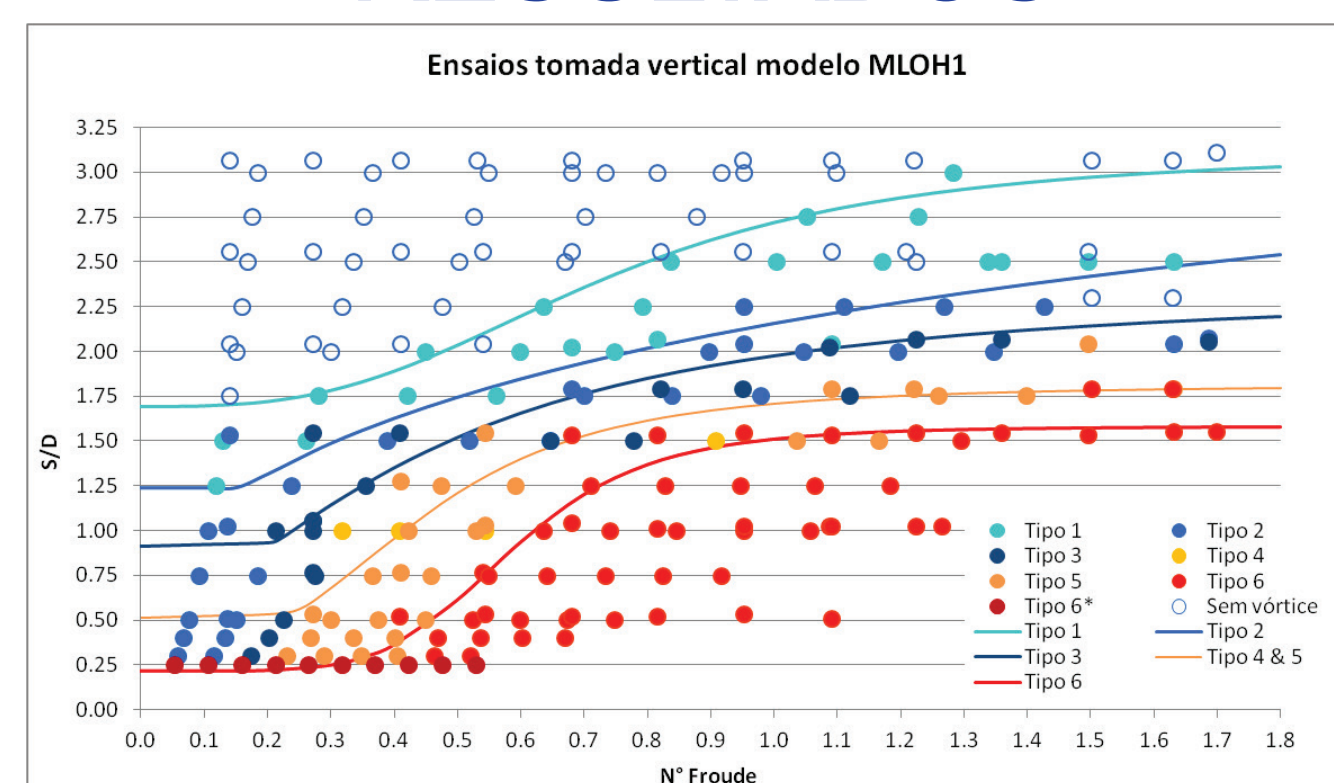


Modelo MLOH1 implantado no Laboratório de Obras Hidráulicas IPH/UFRGS.

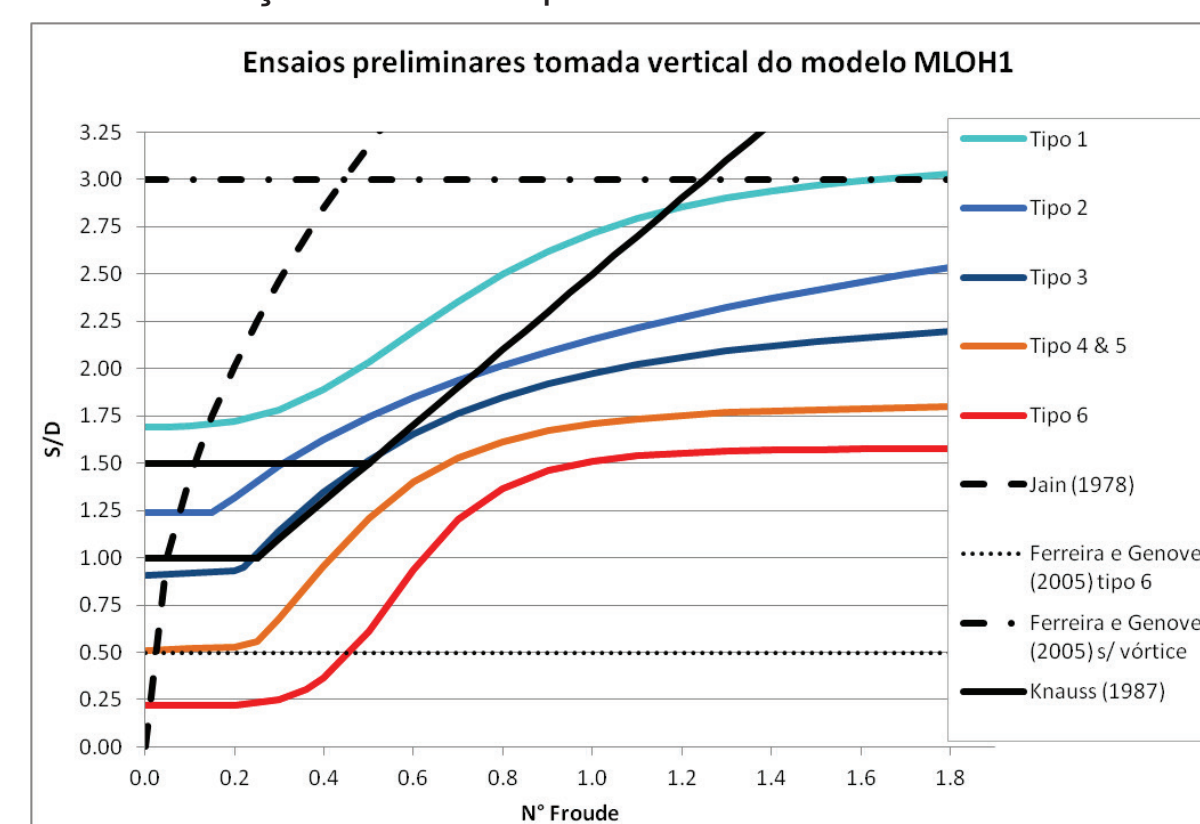


Modelo MLOH2 implantado no Laboratório de Obras Hidráulicas IPH/UFRGS.

RESULTADOS



Delimitação de zonas para ocorrência de cada tipo de vórtice em função da submersão relativa da tomada em relação ao Froude para a tomada vertical do modelo MLOH1.



Comparativo entre os resultados obtidos para a tomada vertical e as recomendações de Jain (1978), Knauss (1987) e Ferreira e Genovez (2005).

CONCLUSÕES

Os resultados apresentados neste trabalho fazem parte do projeto de P&D "Formação de Vórtice em Tomadas d'Água de Usinas Hidrelétricas". Os resultados apresentados tem caráter preliminar. Apesar disso, observa-se que a equação de Knauss representa bem os resultados encontrados para o vórtice tipo 3 até número de Froude em torno de 1,0.

CONTINUIDADE

Serão realizados mais ensaios nesse modelo e nos demais que fazem parte da pesquisa com o intuito de generalizar as conclusões obtidas. Dessa forma, busca-se uma maior eficiência no dimensionamento e na operação de tomadas d'água de usinas hidrelétricas.

AGRADECIMENTOS

Aos colegas do Laboratório de Obras Hidráulicas (LOH);
Ao orientador Marcelo Giulian Marques.

Padmanabhan & Hecker (1983), classificam os vórtices em 6 tipos:

1		4	
Tipo 1 - Rotação superficial sem depressão		Tipo 4 - Sucção de partículas flutuantes, mas não ar	
2		5	
Tipo 2 - Depressão superficial (redemoinho)		Tipo 5 - Bolhas de ar engolidas pela tomada	
3		6	
Tipo 3 - Núcleo sem presença de ar (vórtice de cauda)		Tipo 6 - Núcleo de ar completamente desenvolvido até a tomada	

Fonte: PADMANABHAN & HECKER (1983).

O nível mínimo de operação nas usinas hidrelétricas é definido pela submersão (S) mínima da tomada requerida para a não formação de vórtices ou no máximo a ocorrência de vórtices tipo 3 (sem arraste de ar).

Vários fatores estão associados a formação de vórtices:

- * submersão (S);
- * o ângulo de aproximação do escoamento;
- * forma e as dimensões geométricas da tomada;
- * características do escoamento: números de Froude (F), Reynolds (Re) e Weber (We).

$$F = \frac{V}{(g * D)^{0,5}} \quad Re = \frac{V * L}{\nu} \quad We = V * \left(\frac{L * \rho}{\sigma}\right)^{0,5}$$

Onde: V = velocidade no interior do conduto; g = aceleração da gravidade; D = altura do conduto; L = comprimento do conduto; σ = tensão superficial do fluido; ρ = massa específica do fluido; ν = viscosidade cinemática do fluido.

Até o presente momento, não há um consenso na literatura sobre a determinação da submersão mínima da tomada, para que haja a não formação de vórtices.

Autor	Previsão da Submersão
Jain (1978)	$(S/D) \geq 4,5 \sqrt{F}$
Knauss (1987)	$1,0 \leq (S/D) \leq 1,5$ para $F > 1/3$ $S/D \geq 0,5 + 2,0 * F$ para $F > 1/3$
Ferreira & Genovez (2005)	$S/D \leq 0,5$ vórtice com arraste de ar $S/D \geq 3,0$ sem vórtice

Lorena Silva Saraiva

Orientador: Marcelo Giulian Marques

