ESTUDO EXPERIMENTAL EM MODELO REDUZIDO DE PASSAGENS PARA PEIXES

Carla Fernanda Perius [1], Mariana Salines Maffini [2]; Guilherme Barbosa Marin [2]; Aline Schuck[3]; Daniela Guzzon Sanagiotto [4].

Resumo – A construção de barramentos ao longo dos rios causa muitas alterações no meio envolvido. Entre esses impactos, tem-se a formação de uma barreira que impede o deslocamento do habitat aquático, interferindo, principalmente, na reprodução das espécies migratórias. Com o objetivo de se atenuar esses efeitos tem-se implantado mecanismos de transposição de peixes (MTP) que permitem a passagem dos peixes através das barragens, buscando manter ou restabelecer a conectividade longitudinal dos rios. As escadas/passagens para peixes apresentam diferentes geometrias, de acordo com características natatórias dos peixes, altura do obstáculo e vazões disponíveis. Este trabalho apresenta resultados de ensaios efetuados em um modelo físico relativo a um mecanismo de transposição de peixes (MTP) do tipo escada para peixes por bacias sucessivas com descarregadores de superfície. São apresentados os parâmetros hidráulicos calculados para este tipo de MTP e a sua comparação com os valores sugeridos pela literatura.

Abstract – Dam construction along the rivers affects the biological communities by changing aquatic habitat, interfering on fish movements and causing serious restrictions to the reproduction of migratory species. In an attempt to reduce these effects, many dams include fishways that allow the passage of fish through the dams, to maintain or restore longitudinal connectivity of rivers. Fishways can be of various types according to the obstacle height, fish species and available discharges. This paper presents the results of an experimental study carried out in a fishway model. It was analyzed some hydraulic parameters of this kind of structure and the comparison with the literature.

Palavras-Chave – Escadas para peixes, passagens para peixes, estruturas hidráulicas, parâmetros hidráulicos.

INTRODUÇÃO

A migração, na sua forma mais simples, é o deslocamento do peixe da área de alimentação para a de desova e seu posterior retorno, após a reprodução, para a área de alimentação. Com a construção de barramentos, na maioria das vezes, este percurso é interrompido. Com o objetivo de atenuar esse efeito negativo é que são construídos mecanismos de transposição de peixes (MTP).

[1] Acadêmica de Eng. Sanitária e Ambiental/ UFSM, karla_perius@hotmail.com
[2] Acadêmicos de Eng. Civil/ UFSM, marianasmaffini@gmail.com, gbm.eng.civil@gmail.com
[3] Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - CT/ UFSM, aline_schuck17@yahoo.com.br
[4] Professora do DESA-CT/ UFSM, Av. Roraima, 1000, Cidade Universitária, Camobi, Santa Maria/RS, CEP 97105-900, fone: 55 3220 8000 Ramal 2495, dsanagiotto@ufsm.br

Esses mecanismos compreendem diversos tipos de obras hidráulicas, como eclusas, elevadores e escadas para peixes (também chamadas de passagens para peixes, canais de piracema ou canais de ictiofauna), capazes de fazer com que a ictiofauna transponha a barragem.

As passagens para peixes são estruturas ou sistemas construídos ou implantados junto aos barramentos, procurando permitir a 'livre circulação' das espécies piscícolas migradoras, entre as partes de jusante e de montante do obstáculo. As passagens por bacias sucessivas são canais, que conduzem água do reservatório gerado pelo barramento para o trecho de rio a jusante, com septos instalados ao longo de sua extensão, formando tanques, que devem ser projetados de maneira a dissipar a energia do escoamento e com características hidráulicas compatíveis com as espécies presentes.

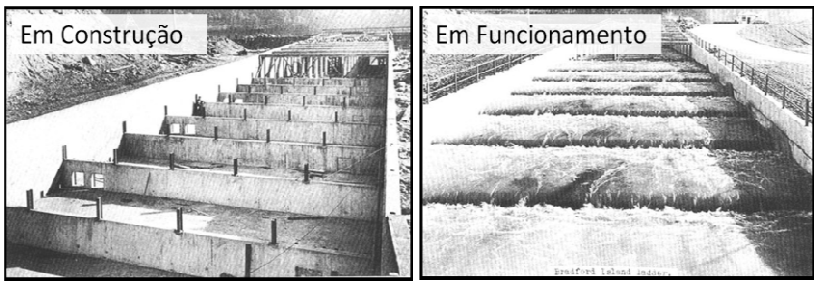
A geometria e a disposição dos septos conferem à estrutura diferentes características do escoamento. A escolha destas variáveis é fundamental para que a passagem para peixes atenda de forma satisfatória as características natatórias de determinadas espécies. O escoamento da água entre bacias sucessivas pode ser efetuado por um ou mais descarregadores de superfície, por orifícios submersos, por fendas verticais, por combinações destas situações e ainda por outros tipos de estruturas.

Como muitas estruturas de transposição não apresentam um satisfatório funcionamento, é necessário que sejam realizadas pesquisas em estruturas de transposição de peixes em conjunto com a ictiofauna local. Nessa etapa, são avaliados alguns parâmetros hidráulicos de passagens para peixes, que são informações importantes na fase do projeto hidráulico dessas estruturas, através do estudo em modelo reduzido.

ESCADAS PARA PEIXES COM SOLEIRAS DESCARREGADORAS

As escadas do tipo soleira vertedoura, ou descarregadores de superfície (figura 1), caracterizam-se por uma série de bacias separadas por defletores dotados de vertedouros. O escoamento passa de uma piscina a outra através de descarregadores de superfície (Rajaratnam *et al*., 1988).

A utilização deste MTP depende das características natatórias do peixe: peixes com a capacidade de saltar podem passar mais facilmente de um tanque a outro, enquanto que peixes que não possuem esta capacidade terão que nadar contra o fluxo que passa pelo descarregador. A colocação de orifícios na parede dos vertedouros pode facilitar a passagem de peixes que não conseguem ultrapassar, nadando ou saltando, o fluxo acima da soleira do vertedouro.



Fonte: http://www.oregonlink.com

Fonte: http://naturlink.sapo.pt/

Figura 1 – Exemplos de passagens para peixes por bacias sucessivas com descarregador de superfície.

As primeiras escadas para peixes construídas são do tipo soleira vertedoura e, ainda hoje, estas são muito utilizadas, algumas vezes com a combinação de construção de orifícios nas paredes do vertedouro (Rajaratnam et al., 1988). Existem estruturas desse tipo com as mais diferentes geometrias, desde as mais simples, cuja soleira vertedoura ocupa toda a largura do canal, até as mais elaboradas com diferentes combinações de descarregadores e orifícios. A Figura 2 apresenta alguns exemplos de geometrias de escadas para peixes com defletores dotados de descarregadores e orifícios.

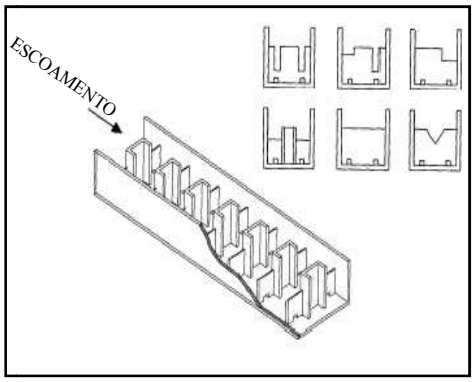


Figura 2 – Geometrias de defletores de escadas para peixes com combinações de descarregadores e orifícios. Fonte: Adaptado de Odeh (1999).

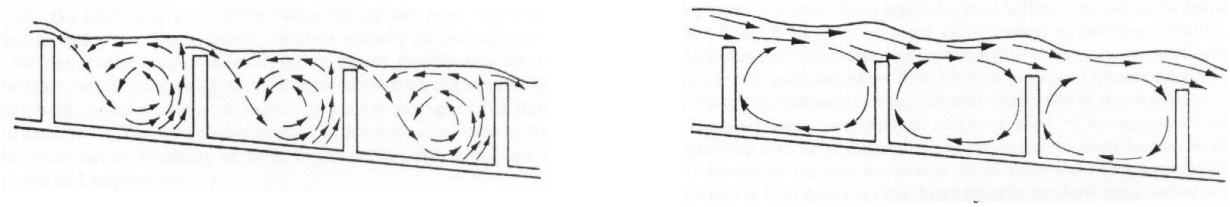
As escadas para peixes do tipo soleira vertedoura são bastante sensíveis às variações de nível, sendo que um pequeno aumento na carga hidráulica provoca acréscimos significativos na velocidade e muitas vezes podem impedir a transposição dos peixes (CBDB, 1999).

Na literatura há uma série de estudos que tratam de características hidráulicas em passagens para peixes, tais como os trabalhos de Rajaratnam *et al.* (1986), Rajaratnam *et al*. (1988), Rajaratnam *et al*. (1992), Wu *et al*. (1999), Kim (2001), Pena (2004), Puertas *et al*. (2004), Viana (2005), Coletti (2005), entre outros.

Em uma situação mais simples, onde o descarregador de superfície tem a mesma largura do canal, verifica-se dois padrões de escoamento distintos: o escoamento do tipo "plunging flow" e do tipo "streaming flow" (Clay, 1995).

No escoamento do tipo "plunging flow" a corrente que passa sobre a crista do vertedouro, 'mergulha' no tanque a jusante e este forma uma grande recirculação no sentido oposto ao fluxo principal (Figura 3a).

No escoamento do tipo jato "streaming flow" observa-se uma corrente superficial, que passa sobre a crista do vertedouro, de um tanque a outro, deslizando sobre uma recirculação no mesmo sentido do escoamento, que há no interior de cada um dos tanques. Este padrão de escoamento pode ser observado na 3b.



(a) (b)

Figura 3 – Tipos de escoamento em escadas para peixes do tipo soleira vertedoura: (a) escoamento do tipo "plunging flow"; (b) escoamento do tipo "streaming flow" Fonte: Clay (1995).

Rajaratnam *et al*. (1988) utilizaram modelos experimentais para tentar definir quando o escoamento passa de um tipo a outro. Essa avaliação da passagem entre os tipos de escoamento pode ser realizada visualmente, utilizando a injeção de corantes. Rajaratnam *et al*. (1988) observaram que esta transição ocorreu antes para os menores comprimentos de tanque e para as menores declividades do canal.

A Eq. (1) apresenta a expressão encontrada por Rajaratnam et al. (1988) para definir a transição entre os regimes "plunging flow" e "streaming flow":

$$\hat{Q}_t = \frac{Q_t}{\sqrt{g} b S_0 L^{1,5}} \qquad (1)$$

sendo: Q_t a vazão de transição entre os regimes 'plunging' e 'streaming'; $\hat{Q}_t$ é um valor adimensional que variou entre 0,22 e 0,31, com um valor médio igual a 0,25; g é a aceleração da

gravidade; b é a largura da soleira descarregadora; S_0 é a declividade do canal da escada; L é o comprimento das bacias.

Em descarregadores de superfície com o jato semi-afogado (streaming flow), aplicam-se as seguintes leis hidráulicas (Larinier, 2002):

$$Q^* = K \times Q \tag{2}$$

onde Q* é a vazão que passa por um descarregador semi-afogado, K é o coeficiente de redução de descarga induzido pela submersão e Q é a vazão que passa por um descarregador livre (não-afogado). A vazão que passa por um descarregador livre pode ser obtida pela equação:

$$Q = C_d b H^{1,5} \sqrt{2g} \tag{3}$$

onde: C_d é o coeficiente de vazão do descarregador de superfície e H é altura da água acima da soleira na bacia a montante do defletor.

O coeficiente de redução de descarga devido a submersão, pode ser obtido por:

$$K = \left(1 - \left(\frac{H - \Delta h}{H}\right)^{1.5}\right)^{0.385} \tag{4}$$

sendo Δh o desnível do escoamento entre bacias sucessivas.

Para determinar a vazão adimensional, de um regime tipo 'jato livre' ('plunging flow'), utiliza-se:

$$Q_+ = \frac{Q}{b\sqrt{gH^3}} \tag{5}$$

De um regime do tipo jato 'semi-afogado' ('streaming flow'), a vazão adimensional é representada por:

$$Q_+ = \frac{Q}{b\sqrt{gS_0H^3}} = \sqrt{\frac{2}{c_f}} \tag{6}.$$

A potência dissipada por unidade de volume na bacia pode ser obtida pela equação (7), que indica a eficiência na dissipação de energia para cada tipo de geometria

$$P = \frac{Q \cdot \gamma \cdot \Delta h}{volume\ do\ \text{tan}que} = \frac{Q \cdot \gamma \cdot \Delta h}{B \cdot L \cdot h_m} \qquad (7)$$

sendo que hm é o nível médio de água no tanque, B é a largura do canal e γ é o peso específico.

INSTALAÇÃO EXPERIMENTAL

A instalação experimental foi montada em um canal pré-existente do Laboratório de Mecânica dos Fluidos e Hidráulica da UFSM. Esse canal apresenta largura de 0,25 m, comprimento de 3,35 m e declividade variável (ajustes através de suporte roscável na sua base). A circulação de água ocorre em um sistema fechado, incluindo além do canal, condutos forçados, reservatório inferior, caixa calibrada, dois conjuntos elevatórios e registros. O canal é constituído por uma estrutura de ferro, sendo o fundo e as paredes em acrílico. As figuras 4 e 5 mostram uma vista geral do sistema existente.

Figura 4 – Canal pré-existente.

Figura 5 – Vista geral do canal com conjunto moto-bomba.

Nesse canal foram instalados defletores, em madeira, para representar o funcionamento de escadas para peixes por bacias sucessivas com vertedores de superfície. Foram instaladas duas configurações diferentes de disposição de defletores, uma com os vertedores no mesmo lado e outra com os mesmos instalados em lados alternados, em uma configuração “ziguezague”. Manteve-se a distância entre os defletores constante e igual a 0,5 m formando cinco bacias. Foram testadas duas declividades de canal, uma com 5% e outra com 6,5%. A figura 6 mostra as dimensões do defletor utilizado. Na figura 7 podem-se observar os defletores instalados no canal.

(a) (b)

Figura 6 – Defletores utilizados: (a) imagem; (b) dimensões em mm.

(a) (b)

Figura 7 – Defletores instalados no canal. (a) Defletores em lados opostos. (b) Defletores do mesmo lado.

Neste trabalho foram testadas vazões diferentes para cada uma das configurações. Os dados coletados durante o experimento foram os valores de desnível entre tanques (Δh), os níveis médios da água em cada uma das bacias e os níveis do escoamento na passagem pelo vertedor, observando se o escoamento apresentava-se livre ou semi-afogado. Buscou-se avaliar quatro diferentes descargas em cada configuração mantendo profundidades médias constantes em todas elas. A tabela 1 mostra as principais características dos ensaios conduzidos.

Tabela 1 – Resumo das condições dos ensaios realizados.

Configuração	Vertedor	S_0 (%)	b (cm)	L (cm)	B (cm)	h_m (cm)	Q (L/s)
1	Alinhados	6,5	5,0	50,0	25,0	Entre 19,7 e 22,8 cm	Entre 0,05 e 0,85 L/s
2	Alternados	6,5	5,0	50,0	25,0		
3	Alinhados	5,0	5,0	50,0	25,0		
4	Alternados	5,0	5,0	50,0	25,0		

As vazões foram obtidas a partir do método volumétrico, contabilizando o tempo de preenchimento de água em uma caixa calibrada e graduada. O procedimento foi repetido pelo menos quatro vezes para cada condição de ensaio, sendo considerada a descarga o valor médio das medições realizadas.

As profundidades do escoamento foram registradas através de réguas graduadas instaladas ao longo do canal e em pontos estratégicos de interesse. Foram realizadas as leituras das mesmas e também foram realizados registros em vídeo e/ou fotografias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste item são apresentados as análises iniciais dos ensaios realizados. Apresenta-se o comportamento médio da lâmina d'água, a vazão de transição entre dois tipos de escoamentos que ocorrem em passagens para peixes por descarregadores de superfície, os coeficientes de descarga e de cisalhamento, a vazão adimensional e a potência dissipada por unidade de volume.

Lâmina d'água

Em uma escada de peixes, considera-se que o escoamento é uniforme se apresentar, em pontos homólogos dos tanques sucessivos, o mesmo valor de lâmina d'água. Na Figura 8, pode-se observar a altura da lâmina d'água no centro de cada tanque. A partir dessa figura pode-se considerar o escoamento uniforme nas estruturas analisadas, já que as aquisições dos dados de lâmina d'água, realizadas no centro de cada tanque, indicaram valores aproximadamente constantes ao longo dos tanques.

Transição "plunging flow" e "streaming flow"

Considerando as observações do escoamento durante o trabalho experimental, tem-se que o termo adimensional da equação (1), $\hat{Q}_t$, para as estruturas analisadas neste trabalho, é da ordem de 0,15 para as escadas com declividade de 5% e de 0,16 para os modelos com declividade de 6,5%. Estes valores são inferiores aos apresentados por Rajaratnam et al. (1988), que propuseram um valor médio da ordem de 0,25. No entanto, no trabalho apresentado pelos autores, a soleira descarregadora apresentava mesma largura do canal, enquanto no presente trabalho, a largura do vertedor representa apenas 20% da largura total do canal.

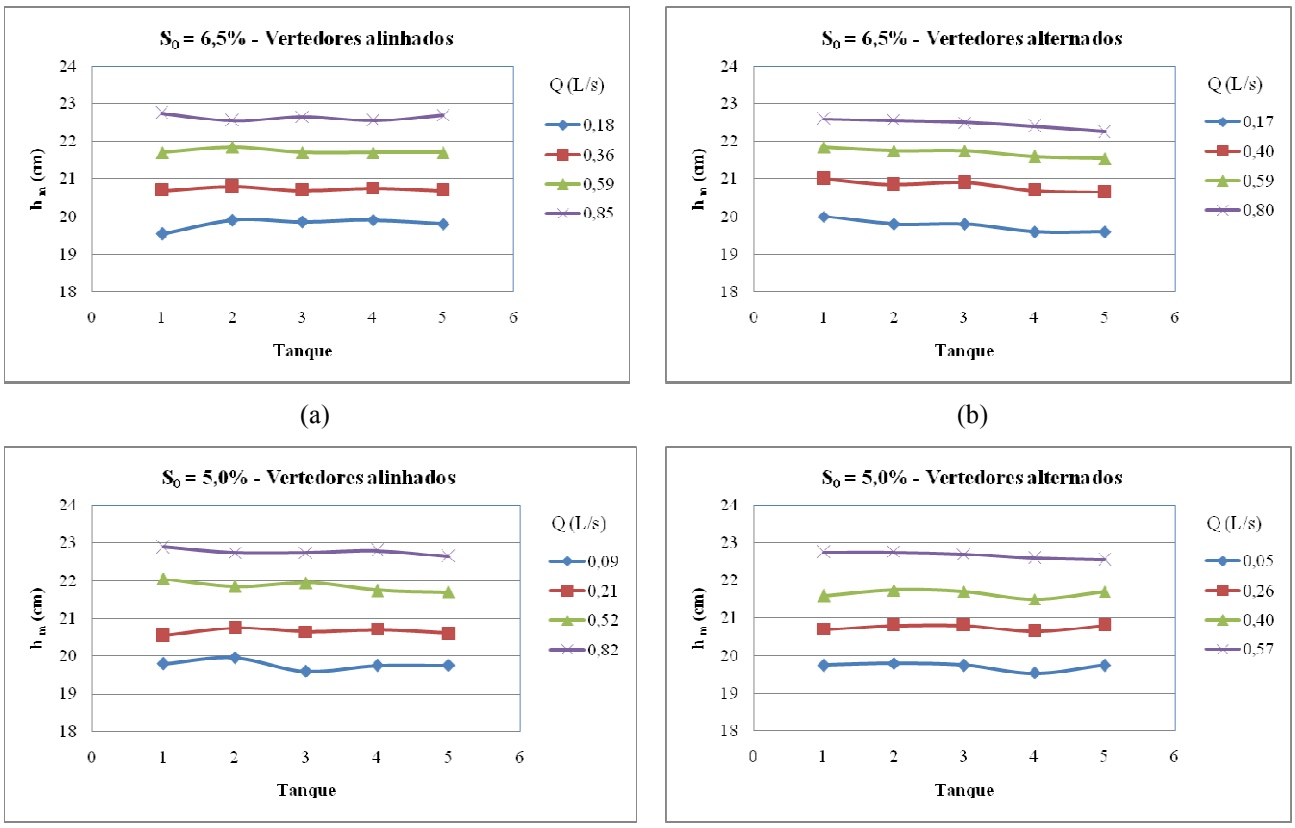


Figura 8 – Alturas de lâmina de água medidas no centro de cada tanque, ao longo da estrutura: (a) S_0 = 6,5% e vertedores alinhados no mesmo lado; (b) S_0 = 6,5% e vertedores em lados alternados; (a) S_0 = 5,0% e vertedores alinhados no mesmo lado; (b) S_0 = 5,0% e vertedores em lados alternados.

Coeficiente de descarga

O coeficiente de descarga foi calculado a partir da equação (3), respeitando a condição de jato afogado ou não afogado, e os resultados obtidos são apresentados na Tabela 2 e na Figura 9. Observa-se que os coeficientes de descarga variaram entre 0,34 e 0,49, com um valor médio de 0,42, com exceção de um ponto de um dos ensaios onde se obteve um valor de 0,23, que possivelmente representa algum erro experimental (que será reavaliado futuramente). A análise experimental para as configurações e descargas analisadas demonstrou que o coeficiente de descarga apresenta um comportamento independente da descarga, da declividade do canal e do posicionamento do descarregador (alinhados ou em lados alternados).

Os coeficientes de descarga obtidos neste estudo são superiores aos valores obtidos por Sanagiotto (2007) para estudos em modelos de configuração semelhante às configurações 1 e 3 deste trabalho, porém em escala quatro vezes maior ao aqui analisado e com declividade de 8,7%. Sanagiotto (2007) encontrou coeficientes de descarga entre 0,34 e 0,39 para passagens para peixes do tipo soleira vertedoura com os descarregadores alinhados no mesmo lado e mantendo as mesmas proporções das bacias e aberturas do presente estudo.

De acordo com Larinier (2002) o coeficiente de descarga pode variar entre 0,33 e 0,50, com valores médios entre 0,40. Os resultados obtidos neste estudo encontram-se na faixa do recomendado e observado na literatura e a diferença entre o resultado de Sanagiotto (2007) e o presente estudo pode estar relacionada ao acabamento da soleira vertedoura.

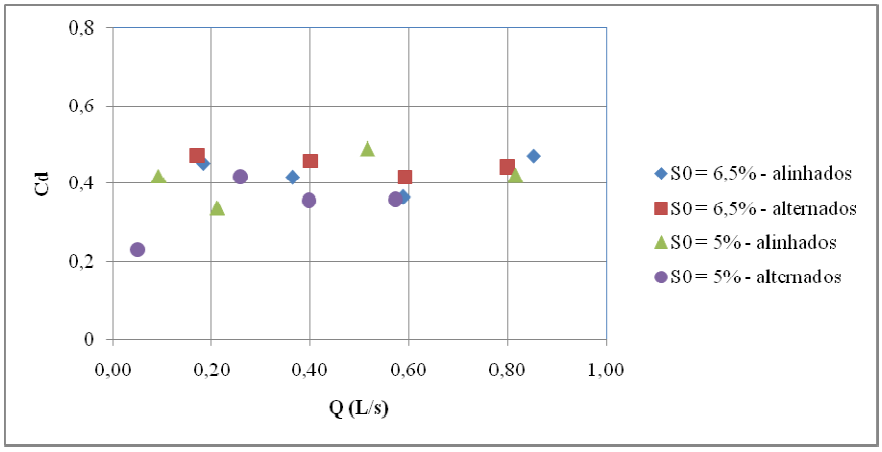


Figura 9 – Coeficiente de descarga para as diferentes descargas e configurações avaliadas.

Tabela 2 – Resumo dos resultados obtidos neste trabalho.

Configuração	S_0 %	Q ensaio (L/s)	Condição do jato	K	Q (L/s)	h_m (cm)	Cd	Q+	Cf	P (W/m³) protótipo
1	6,5	0,18	não afogado		0,18	19,8	0,45	2,50	0,32	8,01
1	6,5	0,36	não afogado		0,36	20,7	0,42	2,30	0,38	16,67
1	6,5	0,59	afogado	0,981	0,60	21,7	0,37	1,99	0,50	25,76
1	6,5	0,85	afogado	0,954	0,90	22,6	0,47	2,48	0,32	34,77
2	6,5	0,17	não afogado		0,17	19,8	0,47	2,61	0,29	6,79
2	6,5	0,40	não afogado		0,40	20,8	0,46	2,55	0,31	16,69
2	6,5	0,59	afogado	0,979	0,60	21,7	0,42	2,26	0,39	23,56
2	6,5	0,80	afogado	0,954	0,84	22,5	0,44	2,33	0,37	32,89
3	5,0	0,09	não afogado		0,09	19,8	0,42	2,65	0,29	3,65
3	5,0	0,21	não afogado		0,21	20,7	0,34	2,13	0,44	5,88
3	5,0	0,52	afogado	0,921	0,56	21,9	0,49	2,84	0,25	13,64
3	5,0	0,82	afogado	0,921	0,89	22,8	0,42	2,44	0,33	31,00
4	5,0	0,05	não afogado		0,05	19,7	0,23	1,46	0,94	1,27
4	5,0	0,26	não afogado		0,26	20,8	0,41	2,62	0,29	7,21
4	5,0	0,40	afogado	0,973	0,41	21,7	0,35	2,18	0,42	13,21
4	5,0	0,57	afogado	0,904	0,63	22,7	0,36	2,04	0,48	18.18

Vazão adimensional

A Figura 10 apresenta a vazão adimensional obtida a partir da equação (6). Observa-se que a maioria dos valores da vazão adimensional encontra-se entre 2,0 e 2,8, e um valor médio de 2,4.

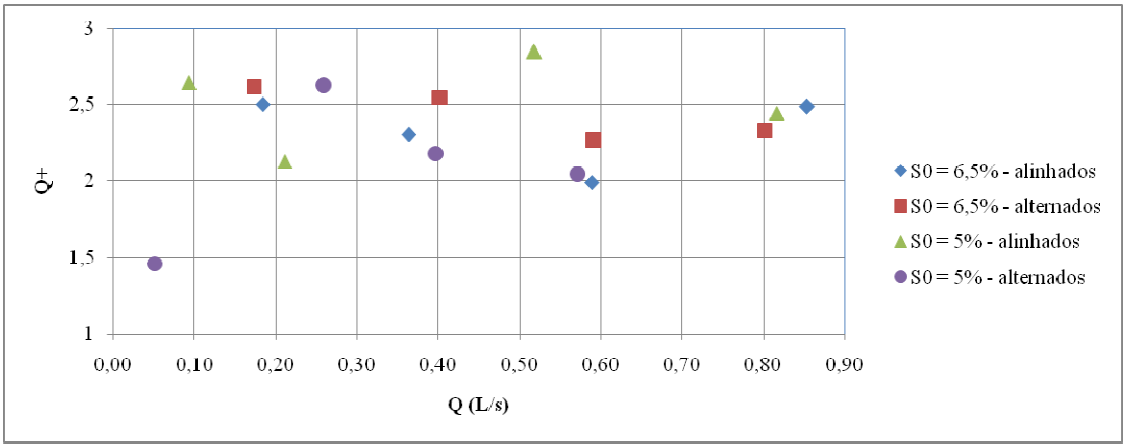


Figura 10 – Vazão adimensional para as diferentes descargas e configurações avaliadas.

Coeficiente de cisalhamento

Na Figura 11 são apresentados os resultados do coeficiente de cisalhamento, obtidos a partir da equação (6). Observa-se que com exceção do ponto que se encontra fora da tendência dos demais, como verificado nos resultados do coeficiente de descarga, há uma distribuição dos valores de coeficiente de descarga entre 0,24 e 0,50, com um valor médio de 0,36. Nota-se que, da mesma forma que se constatou para o comportamento do coeficiente de descarga, o coeficiente de cisalhamento apresenta um comportamento independente da descarga, da declividade do canal e do posicionamento do descarregador (alinhados ou em lados alternados).

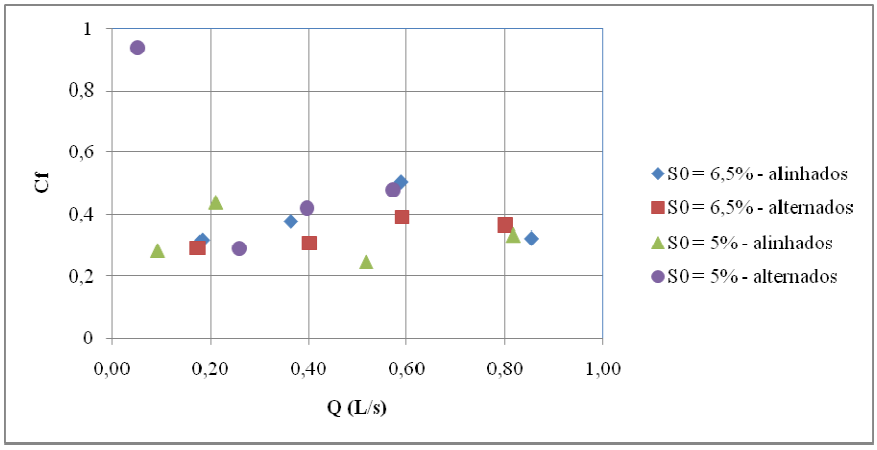


Figura 11 – Coeficiente de cisalhamento para as diferentes descargas e configurações avaliadas.

Potência dissipada por unidade de volume

Para o cálculo da potência dissipada por unidade de volume da bacia, realizou-se a transposição dos resultados para a escala de protótipo, já que não há sentido em analisar tal parâmetro em escala de modelo.

O protótipo considerado, neste caso, representa uma estrutura seis vezes maior do que o modelo analisado, onde se tem largura de 1,5 m, comprimento dos tanques de 3,0 m e largura do

descarregador de 0,3 m. Para este caso, as leis de semelhança dinâmica seguem um modelo de Froude, sendo assim, os diferentes parâmetros puderam ser comparados em modelo (λ = 1:6) e protótipo pelas seguintes relações:

$$\frac{l_m}{l_p} = \lambda \tag{8}$$

$$\frac{Q_m}{Q_p} = (\lambda)^{5/2} \tag{9}$$

Onde: l representa um comprimento, Q as vazões, λ é o fator de escala e os índices *p* e *m* representam protótipo e modelo, respectivamente.

A potência dissipada por unidade de volume na bacia representativa de cada configuração analisada foi calculada a partir da equação (7) e apresenta-se na Tabela 2 e sob a forma gráfica na Figura 12. Observa-se que há uma tendência crescente linear da potência dissipada por unidade de volume com as descargas.

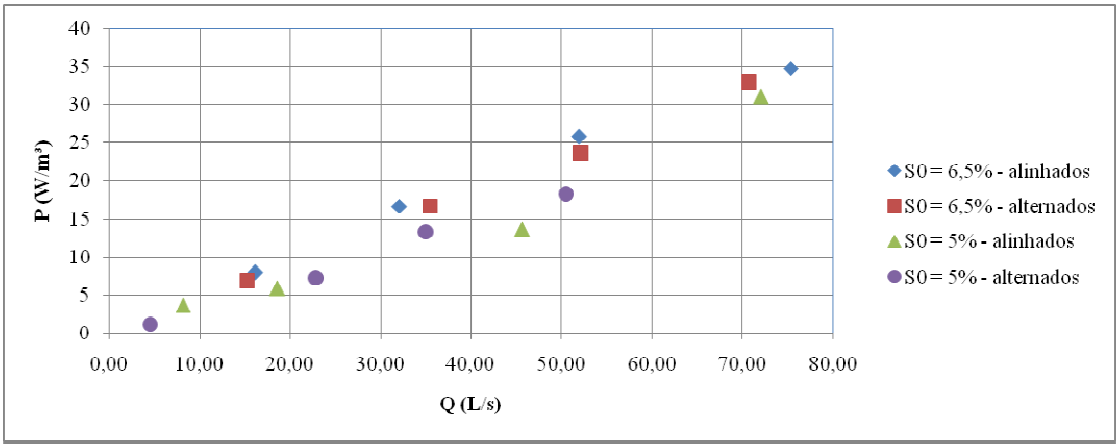


Figura 12 – Potência dissipada por unidade de volume para as diferentes descargas e configurações testadas.

CONCLUSÕES

Neste trabalho são apresentados os resultados obtidos em ensaios realizados em laboratório em um modelo reduzido de uma escada para peixes do tipo descarregador de superfície para quatro configurações diferentes, testando a influência do posicionamento do descarregador: alinhados de um mesmo lado ou em lados alternados e a influência da declividade do canal, testando duas inclinações. Foram avaliados alguns parâmetros hidráulicos: coeficiente de descarga, coeficiente de cisalhamento, vazão adimensional e a potência dissipada por unidade de volume. Para os três primeiros parâmetros observou-se que os mesmos apresentaram uma tendência para um valor médio, independente das vazões e da configuração analisada. Para a potência dissipada por unidade de volume, verificou-se que a mesma cresce com o aumento da vazão, no entanto também não foi possível identificar a influência da geometria testada neste parâmetro.

A comparação dos resultados com a literatura ainda não permite definir a influência da escala do modelo aqui utilizado.

Ressalta-se que os resultados apresentados são análises preliminares e a continuidade dos testes e avaliações permitirão conclusões mais consistentes sobre a influência das diferentes variáveis das configurações nos parâmetros hidráulicos aqui mencionados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

a) Livro

CBDB - Comitê Brasileiro de Barragens e Peixes – *Análise crítica e recomendações*, Boletim 116, 115p, 1999.

CLAY, C. H, *Design of fishways and other fish facilities,* (2nd ed). Boca Raton, Lewis, 248p, 1995.

ODEH, M. (EDITOR). *Innovations in fish passage technology*. American fisheries society, Bethesda, Maryland, 1999.

b) Capítulo de livro

LARINIER, M., TRAVADE, F. *Downstream migration: problems and facilities*, Bull. FR. Pêche Piscic. nº364, 2002.

c) Artigo em revista

KIM, J. H. *Hydraulic characteristics by weir type in a pool-weir fishway*, Ecological Engineering, V. 16, Issue 3, 425-433, January 2001.

PUERTAS, J., PENA, L., TEIJEIRO, T. *Experimental Approach to the Hydraulics of Vertical Slot Fishways*, Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, January, p. 1-14, 2004.

RAJARATNAM, N., VINNE, V. D., KATOPODIS, C., *Hydraulics of vertical slot fishways*, Journal of Hydraulic Engineering, ASCE. Vol. 112, n. 10, October, 1986.

RAJARATNAM, N., KATOPODIS, C e MAINALI, A., *Plunging and Stream Flow in Pool and Weir Fishways*, Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, 114, 939-944, 1988.

RAJARATNAM, N., KATOPODIS, C., SOLANKI, S. *New design for vertical slot fishways*, Canadian Journal of Civil Engineering. Volume 19, Número 3, 402-414, 1992.

WU, S., RAJARATNAM, N., KATOPODIS, C. *Structure of flow in vertical slot fishway*, Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol. 125, No. 4, April, 1999.

d) Dissertações e teses

PENA, L. *Estudio hidráulico en modelo de escalas de peixes de fenda vertical e de fenda profunda aliñadas. Aproximación á avaliación experimental da enerxía cinética turbulenta.* Tese de Doutoramento, Programa de Doutoramento de Enxeñería Civil, Universidade da Coruña, 2004.

COLETTI, J. Z., *Características do escoamento ao longo de uma escada de peixes do tipo ranhura vertical*, Dissertação de mestrado, Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, IPH/UFRGS, 2005.

SANAGIOTTO, D. G., *Análise da macroturbulência do escoamento em escadas para peixes por bacias sucessivas*. Tese de Doutorado, Porto Alegre: IPH/UFRGS, 2007.

VIANA, E. M. F., *Mapeamento do Campo de Velocidades em Mecanismos de Transposição de Peixes do Tipo Slot Vertical em Diferentes Escalas*, Tese de Doutorado, Programa de Pós Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, UFMG, 2005.

e) Sites de Internet

http://naturlink.sapo.pt/, acessado em 29/05/2011

http://www.oregonlink.com, acessado em 31/05/2011