



**SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

GIA 32
14 a 17 Outubro de 2007
Rio de Janeiro - RJ

GRUPO XI

GRUPO DE ESTUDO DE IMPACTOS AMBIENTAIS – GIA

ESCADAS PARA PEIXES NO BRASIL: EM BUSCA DE PROJETOS EFICIENTES

Daniela Guzzon Sanagiotto*

Janaine Zanella Coletti

Marcelo Giulian Marques

INSTITUTOS DE PESQUISAS HIDRÁULICAS / UFRGS

RESUMO

Os mecanismos de transposição para peixes (MTP) são estruturas e/ou procedimentos utilizados para mitigar os efeitos da construção de barramentos, que impedem a livre circulação da fauna aquática ao longo dos rios. Entre os diferentes MTP, destacam-se as escadas/passagens para peixes.

O dimensionamento deste tipo de MTP deve considerar, entre outros fatores, a harmonia na associação de características hidráulicas com as características natatórias das espécies alvo.

Neste trabalho relata-se sobre os estudos que vem sendo realizados pelo grupo de pesquisa do IPH/UFRGS, com o objetivo de definir parâmetros que possam contribuir para o projeto de escadas para peixe eficientes.

PALAVRAS-CHAVE

Escadas para peixes, Mecanismo de Transposição de Peixes, passagens para peixes.

1.0 - INTRODUÇÃO

A construção de barramentos nos rios é, na maioria das situações, fundamental para suprir as necessidades humanas, seja para geração de energia elétrica, armazenamento de água para abastecimento humano e animal, irrigação, navegação, e até mesmo para a criação de áreas de recreação. Alguns dos impactos causados pela construção de reservatórios devem-se à interrupção da conectividade longitudinal dos rios, o que impede a livre circulação das espécies aquáticas, afetando principalmente os peixes que realizam a piracema.

A piracema é o processo de migração dos peixes de jusante para montante na época da reprodução, sendo comandada por processos físico-químicos relacionados com a elevação do nível das águas, na época das cheias, que no centro e sudeste do Brasil compreende, geralmente, o período entre novembro e fevereiro.

Durante o planejamento de um novo barramento, deve-se avaliar a ictiofauna local, buscando conhecer as suas características reprodutivas, alimentares e migratórias, para que sejam tomadas medidas no sentido da conservação da vida aquática durante o período de construção e vida útil do reservatório.

Neste contexto surgem os Mecanismos de Transposição para Peixes (MTP), que são estruturas e/ou sistemas implantados junto aos barramentos, que possibilitam a passagem dos peixes de jusante para montante e vice-versa. Os MTP, de uma forma geral, podem ser classificados em: passagens ou escadas para peixes, eclusas, elevadores e sistemas de captura, transporte e soltura.

A escolha do tipo de MTP não segue parâmetros rígidos, sendo influenciada por uma série de fatores de ordem biológica, hidrológica, hidráulica, topográfica, entre outros (Santo, 2005). Assim, tem-se que cada situação é um caso específico e a utilização de uma classificação rígida pode resultar em erros grosseiros ou custos proibitivos (Larinier, 2002). As principais variáveis que devem ser consideradas na escolha do MTP são (Porcher e Larinier, 2002):

- as espécies de peixes a que a estrutura se destina;
- as vazões envolvidas na instalação;
- o desnível a ser transposto;
- as variações dos níveis de montante e jusante;
- restrições topográficas;
- os custos de manutenção e operação;
- o transporte de sedimentos.

Escadas para peixes são as estruturas para a passagem de peixes mais conhecidas. São constituídas por um canal onde são inseridos defletores, formando tanques ou piscinas, responsáveis pela dissipação de energia do escoamento. Este tipo de MTP é utilizado freqüentemente em barramentos de baixa queda, dificilmente sendo implantada em quedas superiores a 30 m, por motivos econômicos e pelas possíveis dificuldades encontradas pelos peixes em trajetórias muito extensas.

O bom funcionamento de escadas para peixes depende principalmente dos seguintes itens:

- posicionamento adequado da entrada (a jusante) da escada para peixes, em uma região onde os indivíduos não sejam confundidos com outros fluxos preferenciais;
- fluxo de atração na entrada da escada com velocidades adequadas;
- velocidades médias e características da turbulência do escoamento de acordo com a tolerância das espécies aquáticas alvo;
- saída da estrutura em local apropriado, evitando que os peixes sejam, por exemplo, encorajados ou forçados a passar pela tomada de água;

Os estudos realizados pelo grupo de pesquisa do IPH da UFRGS englobam, até o momento, a avaliação hidráulica do escoamento dentro dos tanques da escada para peixes. Nestes estudos estão sendo avaliados desde parâmetros hidráulicos, como vazão adimensional e coeficiente de descarga, como campos de velocidades médias e campos de parâmetros relacionados à turbulência do escoamento.

Para algumas espécies de peixes presentes no hemisfério norte, como o salmão e a truta, os indicadores de projeto já estão bem definidos, sendo possível a escolha de uma escada para peixes com maiores chances de eficiência. Tem sido feito esforços para que os resultados hidráulicos possam ser correlacionados com o comportamento de algumas espécies de peixes presentes nos rios brasileiros, com o objetivo de adequar características hidráulicas com a preferência de determinados indivíduos, fornecendo parâmetros biológicos para os próximos projetos destas estruturas.

Salienta-se que o objetivo principal deste trabalho não é o fornecimento de valores de determinadas características e parâmetros hidráulicos, mas sim, a definição de como estes estudos devem ser conduzidos para que as informações geradas sejam úteis nos futuros projetos.

2.0 - PANORAMA MUNDIAL E BRASILEIRO

Tem-se conhecimento da construção da primeira escada para peixes no século XVII, na cidade de Bern (Suíça), sobre o rio Aar. Esta escada para peixes foi construída em 1640, com pouco mais de 2 m de altura (Godoy, 1985). A partir deste período observou-se que o uso de escadas para peixes foi sendo difundido para outras partes do mundo, que perceberam a necessidade da preocupação com a questão da transposição dos peixes. Segundo Kamula (2001), a necessidade de MTP aumentou por volta de 1850, coincidindo com a produção de turbinas hidráulicas e a implantação de aproveitamentos hidroenergéticos em maior escala.

No Brasil, a primeira passagem para peixes foi construída em 1911, implantada na barragem da UHE Itaipava, Rio Pardo no Estado de São Paulo. Entre 1911 e 1985, segundo Godoy (1985), foram construídas 35 passagens para peixes no Brasil, todas do tipo degraus-tanques (bacias sucessivas). Martins (2000), contabilizou 60 MTP do tipo passagem para peixes no Brasil, o que representa aproximadamente 1,4% do número oficial de barragens brasileiras. Este é um percentual muito baixo, se comparado com o percentual mundial, onde 30% dos barramentos possui algum tipo de MTP, segundo estimativa do mesmo autor. Nos últimos 10 anos o número de MTP construídos no Brasil tem aumentado, principalmente devido a leis específicas de alguns Estados, como Pará, Minas Gerais e São Paulo, que obrigam a implantação de MTP em novos barramentos. Nos demais Estados brasileiros ainda não existem leis específicas, no entanto, há uma pressão por parte dos órgãos ambientais, e da própria sociedade para que tais medidas sejam adotadas.

Ressalta-se que além dos esforços por parte dos órgãos ambientais, é imprescindível que sejam estudadas maneiras eficientes para a transposição de peixes da ictiofauna brasileira. Embora não se tenha conhecimento de

um estudo sistematizado sobre os MTP no Brasil, sabe-se que muitas das passagens para peixes não funcionam ou operam precariamente, não solucionando o problema dos peixes migratórios brasileiros. Acredita-se que as principais causas para a ineficiência destas estruturas relacionam-se a projetos inadequados, a partir de critérios internacionais e a falta de avaliação das características da ictiofauna local. Por isso, afirma-se que os projetos e as pesquisas nesta área devem ser de caráter multidisciplinar, envolvendo conhecimentos hidráulicos, biológicos e ambientais, relacionados entre si.

3.0 - ESTRUTURA LABORATORIAL – ESTUDOS REALIZADOS

No grupo de estudos do IPH/UFRGS, em parceria com o grupo da CPH/UFMG, tem-se realizado estudos experimentais em modelos de escadas para peixes. Os estudos realizados até o momento englobam modelos de diferentes escadas do tipo bacias sucessivas com ranhuras verticais. Nas instalações do IPH foram construídos dois modelos representativos de alguns tanques da escada para peixes do AHE Igarapava: um na escala 1:5, onde são representados 9 tanques e outro na escala 1:20, onde foram reproduzidos 27 tanques. Esta escada para peixes foi escolhida para estudos em modelo, por ter demonstrado, desde a sua implantação, em 1999, baixa seletividade, ou seja, verifica-se um grande e diversificado número de espécies realizando a transposição por este dispositivo. Sob o ponto de vista hidráulico, esta geometria torna-se muito interessante, por apresentar condições de escoamento onde indivíduos com diferentes capacidades natatórias podem se beneficiar. A Figuras 1 mostra o protótipo e as duas instalações laboratoriais.

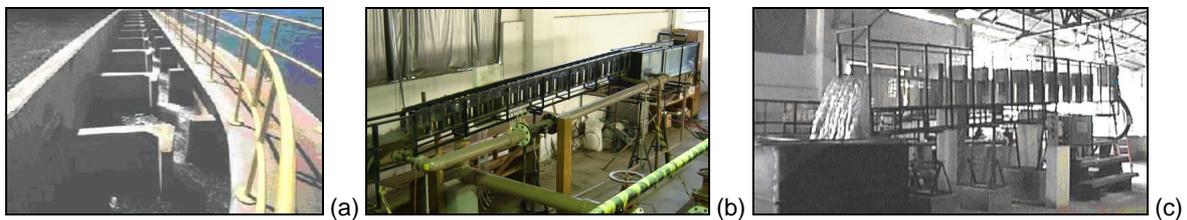


FIGURA 1 – Escada para peixes do tipo ranhura vertical do AHE Igarapava (a) Vista do protótipo; Modelos construídos no IPH/UFRGS nas escalas (b) 1:20 e (c) 1:5.

Um outro estudo foi desenvolvido em parceria com o Núcleo de Recursos Hídricos e Estruturas Hidráulicas (NRE) do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), em Lisboa/Portugal e o Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa. No LNEC foram realizadas avaliações do escoamento em um protótipo de escada para peixes por bacias sucessivas com (a) orifícios de fundo e (b) com descarregadores de superfície. A Figura 2(a) mostra este modelo e as Figuras 2(c) e (d) ilustram as duas configurações geométricas testadas nesta estrutura. Observa-se que nas duas situações, com descarregadores de superfície ou orifícios de fundo, tem-se as aberturas posicionadas de forma alternada em defletores consecutivos, o que representa desenhos bastante utilizados.

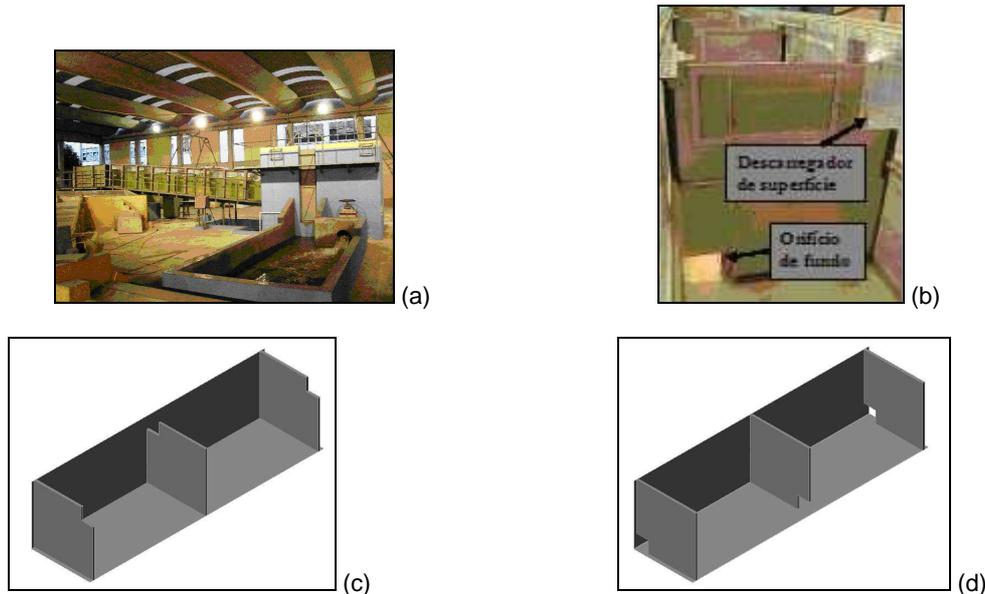


FIGURA 2 – Protótipo de uma passagem para peixes por bacias sucessivas: (a) Vista geral; (b) Detalhe do defletor com descarregador e orifício de dimensões reguláveis; (c) Esquema da configuração com descarregadores de superfície; e (d) Esquema da configuração com orifícios de fundo.

A Tabela 1 apresenta as principais características dos modelos avaliados nestes estudos. Os valores podem ser transpostos para valores de protótipo considerando as leis de similitude de Froude.

TABELA 1 – Principais características dos modelos das escadas para peixes analisadas.

| Características | Ranhura vertical (1:5) | Descarregador de superfície | Orifício de fundo |
|--|-----------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|
| Comprimento do tanque | 0,60 m | 1,90 m | 1,90 m |
| Largura do tanque | 0,60 m | 1,00 m | 1,00 m |
| Declividade do canal | 6% | 8,7% | 8,7% |
| Tamanho da abertura | 0,08 m (largura da ranhura) | 0,20 m (comprimento do descarregador) | 0,20 x 0,20 m (orifício quadrado) |
| Potência dissipada por unidade de volume de volume (W/m^3) – valor médio | 60 W/m^3 | 36 W/m^3 | 42 W/m^3 |
| Vazão média | 0,025 m^3/s | 0,040 m^3/s | 0,040 m^3/s |

Foram realizadas medições da profundidade do escoamento e de velocidades em várias regiões do escoamento dentro de tanques dos modelos. As velocidades foram medidas a partir de velocímetros do tipo acústico Doppler (ADV). Neste equipamento a medição do vetor de velocidade ocorre nas três componentes cartesianas, em um volume localizado a frente da sonda emissora e com frequência de aquisição de até 25 ou 50

4.0 - PARÂMETROS HIDRÁULICOS

Os estudos realizados em modelos de escadas para peixes, buscam principalmente a definição das velocidades características da estrutura (vinculadas às descargas) para que estas sejam associadas à capacidade natatória das espécies de peixe alvo. Outros parâmetros que são importantes para os projetos de escadas para peixes são as profundidades associadas às vazões, os coeficientes de descarga e a vazão adimensional.

A seguir comenta-se brevemente sobre cada um destes itens com alguns resultados. Ressaltando-se que o enfoque deste informe técnico é a metodologia adotada nestes estudos, com o objetivo principal de guiar as pesquisas nesta área, para que os resultados obtidos sejam úteis nos próximos projetos.

4.1 Coeficientes de descarga

4.1.1 Escadas para peixes com ranhura vertical

O coeficiente de descarga (C_d) em escadas tipo ranhura vertical pode ser avaliado a partir da equação (01).

$$C_d = \frac{Q}{b_o \bar{y} \sqrt{2g\Delta h}} \quad (01)$$

sendo Q a vazão; b_o a largura da abertura entre os septos; \bar{y} a profundidade do escoamento na parte de montante da ranhura; g a aceleração da gravidade e Δh a perda de carga entre dois tanques consecutivos.

O valor médio do coeficiente de descarga na avaliação realizada no modelo na escala 1:5 ficou em torno de 0,82, que é inferior ao valor teórico utilizado no projeto da escada para peixes do AHE de Igarapava, de 0,93. Esta variação de aproximadamente 6,5 % pode ser considerada aceitável. Entretanto deve-se considerar, que a resistência das ranhuras ao escoamento deve ser maior que a suposta no projeto, ou seja, as alturas de água nos tanques no protótipo provavelmente são maiores que as definidas em projeto.

4.1.2 Escadas para peixes com descarregador de superfície

Avaliaram-se os coeficientes de descarga para uma ampla faixa de vazões, em situações do jato livre e do jato semi-afogado. Observou-se, que há uma tendência do coeficiente de descarga reduzir com o aumento da vazão, devido a influência do afogamento do jato. Os valores do coeficiente de descarga obtidos neste caso ficaram entre 0,34 e 0,39, com um valor médio, nesta estrutura, em torno de 0,365.

4.1.3 Escadas para peixes com orifício de fundo

Larinier (1992) comenta que para orifícios com a parte de montante arredondada, podem elevar os coeficientes de descarga, variando entre 0,65 e 0,85. Entretanto, outros fatores também influenciam no coeficiente de descarga em passagens para peixes por orifícios, como a forma do orifício, a localização do mesmo e a espessura do defletor em que está inserido. Nesta geometria com orifício de fundo, para as vazões testadas, os coeficientes de descarga ficam entre 0,58 e 0,60. Pode-se considerar para esta estrutura, o coeficiente de descarga praticamente constante, independente da vazão.

4.2 Vazão adimensional

4.2.1 Escadas de peixes com ranhura vertical

A vazão adimensional é um parâmetro bastante útil para calcular a vazão em uma escada para peixes do tipo ranhura vertical.

A vazão em escadas para peixe do tipo ranhura vertical pode ser avaliada através da equação, proposta por Rajaratnam et al. (1986):

$$Q = Q^* \sqrt{g S_0 b_0^5} \quad (2)$$

Sendo Q a vazão que passa pela escada em m^3/s ; g a aceleração da gravidade (m/s^2); S_0 a declividade do fundo da escada (m/m); b_0 a largura da ranhura vertical e Q^* um parâmetro de vazão adimensional.

A partir dos ensaios no modelo na escala 1:5 da escada do AHE Igarapava, obtém-se a equação empírica (3) que relaciona a vazão adimensional (Q^*) com a profundidade relativa (y_0/b_0). Geralmente a relação entre o coeficiente de descarga em escadas do tipo ranhura vertical e a profundidade relativa do escoamento (y_0/b_0) apresenta-se sob a forma de uma equação linear.

$$Q^* = 3,70 y_0 / b_0 - 3,16 \quad (3)$$

Onde y_0 é a profundidade média do escoamento, que pode ser considerada igual à profundidade medida no comprimento médio do tanque.

A vazão também pode ser expressa pela equação (4), que na verdade é uma variação da equação (1)

$$Q = C_d (b_0 \bar{y}) \sqrt{2g\Delta h} \quad (4)$$

A partir das equações (2), (3) e (4), podem ser avaliadas as profundidades do escoamento para diferentes vazões, ressaltando que a equação (3) é válida para esta geometria específica. Este procedimento pode ser adotado para outras geometrias de escadas com ranhuras verticais, desde que sejam escolhidas equações empíricas adequadas. Rajaratnam et al. (1986) e (1992) apresentam equações para 18 geometrias diferentes de escadas para peixes do tipo ranhura vertical. É adequado que esta bibliografia seja consultada quando a geometria escolhida for diferente da avaliada neste trabalho.

Para as escadas com descarregadores de superfície e com orifício o procedimento para a avaliação das vazões adimensionais é semelhante

4.3 Velocidades médias do escoamento

A avaliação dos campos de velocidades médias é fundamental para a definição das características principais do escoamento. A visualização do campo de velocidades médias auxilia na definição do padrão do escoamento dentro do tanque e na caracterização das magnitudes e distribuição dos vetores velocidade. Nessa fase podem ser identificados determinados comportamentos do fluxo, como regiões de recirculação, zonas com velocidades elevadas, entre outros, que dificultam ou impossibilitam a utilização da escada de peixes por certos indivíduos.

A Figura 3 apresenta alguns exemplos de campos de velocidades para as três escadas para peixes avaliadas. Os vetores indicam as velocidades médias no plano xy (paralelo ao fundo) e em escala de cores são apresentados estes mesmos valores adimensionalizados em função da velocidade potencial dada por $\sqrt{2g\Delta h}$.

Para a escada do tipo ranhura vertical apresentou-se um campo de velocidades paralelo ao fundo, passando pela altura média do escoamento. Verificou-se que o comportamento destes planos para diferentes profundidades é semelhante. Tem-se um jato principal conectando ranhuras consecutivas, onde as velocidades são as mais elevadas dentro dos tanques, com componentes predominantemente horizontais. Adjacentes ao jato principal existem duas zonas de recirculação do escoamento, uma de cada lado, onde as velocidades são menores.

Para as passagens com descarregador de superfície e com orifício de fundo, apresentou-se nas Figuras 3b e 3c, respectivamente, planos próximo à superfície e próximo ao fundo, com o intuito de mostrar os locais de maiores velocidades dentro de cada estrutura. Nas duas geometrias observa-se a formação de uma corrente principal entre aberturas (descarregadores ou orifícios) consecutivos. As velocidades mantêm-se mais elevadas neste caminho, principalmente nas profundidades sob influência direta deste fluxo. No restante do tanque observa-se a formação de uma grande recirculação, como pode ser verificado na Figura 3.

Como estas estruturas apresentam geometrias e dimensões diferentes, apresentaram-se os valores de velocidades adimensionalizados através da velocidade potencial. A partir destas informações podem ser traçados alguns comentários. Ultrapassada a passagem pela abertura (ranhura, descarregador ou orifício), que representa o ponto crítico, com maiores velocidades, tem-se em todas as geometrias regiões de descanso nos tanques, indicadas por relações $V/\sqrt{2g\Delta h}$ menores que as observadas na corrente principal. Verifica-se que na escada com ranhura vertical, os valores da relação $V/\sqrt{2g\Delta h}$ distribuídos no tanque são bem mais elevados que os observados nas geometrias com descarregador de superfície e com orifício de fundo. No entanto, não se pode afirmar quais as características mais favoráveis aos peixes. Este tipo de informação deve ser obtida através de estudos em laboratório.

Considerando as capacidades natatórias dos peixes, tem-se como limitante para a passagem pelas aberturas (ranhura vertical, descarregador ou orifício) que a velocidade crítica da espécie seja maior do que a velocidade encontrada na ranhura, para que o mesmo tenha chances de realizar a transposição. Ultrapassando o obstáculo das maiores velocidades, dentro de cada tanque existem regiões de recirculação, sendo que os peixes podem “escolher” por regiões com condições mais favoráveis a suas características de nado ou de descanso, de acordo com suas necessidades.

Segundo Quirós (1989) não há informações sobre as velocidades de explosão dos peixes da América Latina e ainda menos sobre como as velocidades estão relacionadas com o tamanho do peixe, morfologia funcional e temperatura da água. Mais recentemente, iniciaram-se alguns estudos neste sentido.

No Brasil, o estudo sobre a capacidade natatória dos peixes começou com Santos (2004). Neste estudo foi proposta uma metodologia de medição de velocidade prolongada crítica e de explosão das espécies migratórias brasileiras. Entretanto, até o momento, estão sendo estudadas 3 espécies. Para o *Pimelodus maculatus* (Mandi amarelo), com comprimento médio de 25 cm, foram verificadas velocidades críticas entre 1,0 a 1,6 m/s (média de 1,35 m/s), conforme Santos (2004). Para o *Astyanax bimaculatus* (Iambari), com comprimento médio de 9 cm, a velocidade crítica média encontrada foi de 0,85 m/s, segundo Viana (2005).

Devido a grande quantidade de espécies de peixes do território brasileiro são necessários outros estudos que possibilitem o conhecimento das características natatórias de outras espécies.

4.3 Turbulência do escoamento

Estão sendo avaliados também parâmetros indicadores da turbulência do escoamento, entre eles: energia cinética da turbulência, intensidade da turbulência e tensões de Reynolds.

De acordo com Odeh *et al.* (2002), os valores de tensões de Reynolds representam bons indicativos da severidade da turbulência sobre o peixe. A continuidade da pesquisa prevê a associação do caminho preferencial dos peixes com determinados valores de parâmetros turbulentos.

Algumas avaliações preliminares, indicam que a energia cinética da turbulência e as tensões de Reynolds podem ser correlacionadas e utilizadas como indicativo da trajetória dos peixes.

5.0 - CONCLUSÃO

Este trabalho procura mostrar o cenário brasileiro em relação aos mecanismos de transposição de peixes e as dificuldades encontradas pelos projetistas de escadas para peixes e pelos órgãos ambientais. De um lado tem-se a pressão da sociedade e dos ambientalistas para que os impactos pela construção de barramentos em rios sejam minimizados; de outro têm-se engenheiros projetistas com informações insuficientes para a elaboração de projetos, o que vem a mostrar a importância de se efetuarem pesquisas nesta área.

A partir da definição de características natatórias de peixes presentes nos rios brasileiros, do conhecimento hidráulico das passagens para peixes e do correto posicionamento das mesmas, poderão ser projetadas estruturas com maiores possibilidades de eficiência.

Além disso, outras medidas devem ser tomadas, a fim de que o processo seja otimizado. Em muitas situações, a definição da posição da entrada da escada para peixes só pode ser definida, a partir de estudos em modelos reduzidos associados a modelos numéricos, devido à complexidade do escoamento a jusante do barramento. A monitoração dos MTP é fundamental para que sejam associados certos índices de eficiência a determinadas soluções, a fim de fornecer informações para os projetos futuros.

Sabe-se que o assunto é complexo e interdisciplinar, e a otimização das soluções só poderá se obtida se forem integrados condicionantes biológicos, hidráulicos, econômicos e sociais.

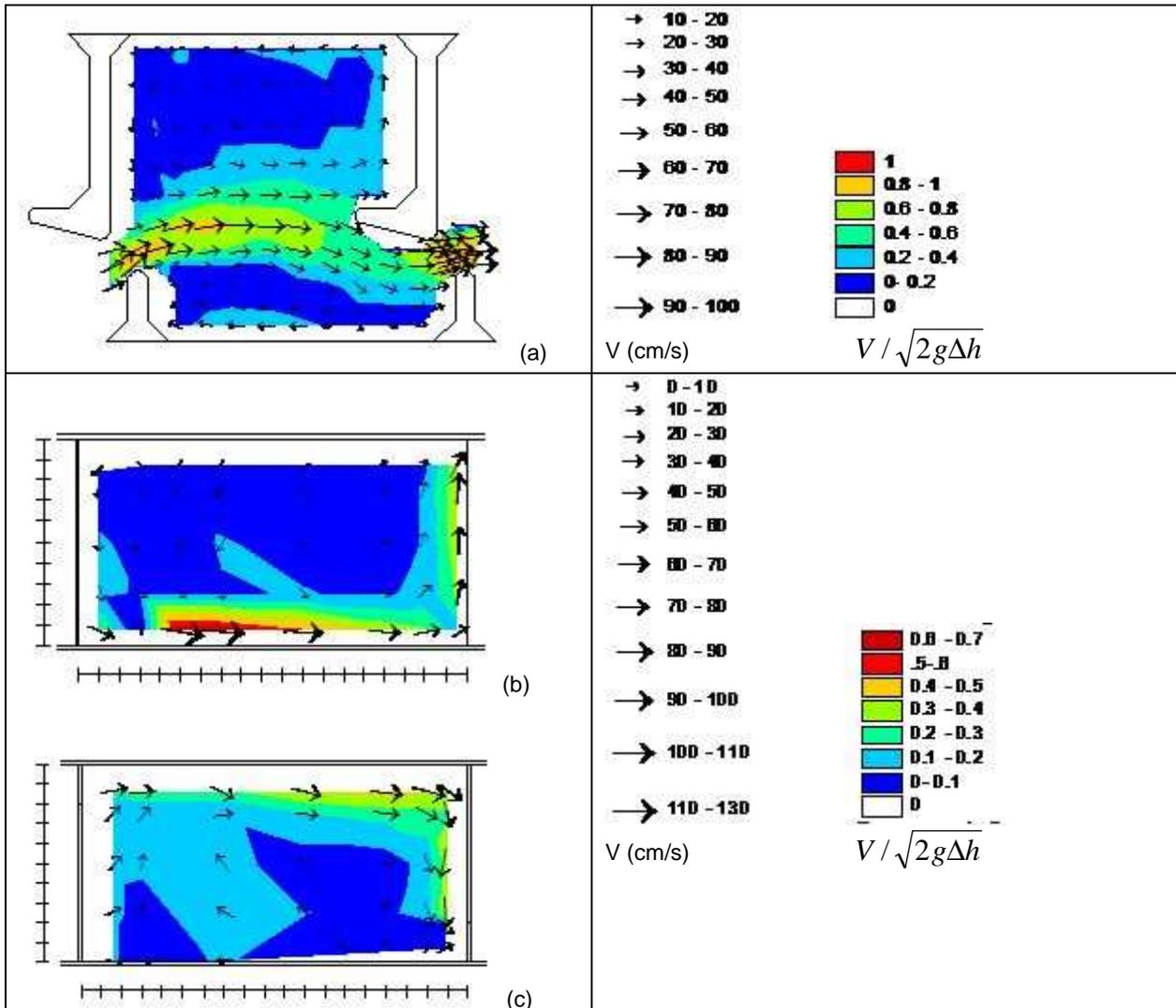


FIGURA 3 – Exemplos de campos de velocidades médias em planos paralelos ao fundo (a) escada ranhura vertical, escala 1:5, $Q = 0,02451 \text{ m}^3/\text{s}$, $0,5 y_0$ do fundo; (b) escada com descarregador de superfície, $Q = 0,0410 \text{ m}^3/\text{s}$, $0,8 y_0$ do fundo; (c) escada com orifício de fundo, $Q = 0,0403 \text{ m}^3/\text{s}$, 1 cm do fundo.

6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) GODOY, M. P. (1985). Aqüicultura – Atividade multidisciplinar.
- (2) KAMULA, R. (2001). Flow over weirs whit application to fish passage facilities, Academic Dissertation, Department of Process and Environmental Engineering, University of Oulu, Finland.
- (3) LARINIER, M. (1992). Passes a bassins successifs, prébarrages et rivières artificielles. Bull. Fr. Pêche Piscic., 326-327: 45-72.
- (4) LARINIER, M.; TRAVADE. F. (2002). The design of fishways for shad. In: LARINIER M.; TRAVADE F.; PORCHER J. P., 2002, Fishways: biological basis, design criteria and monitoring. Bulletin Fr. Pêche Piscic., nº364, 135-146.
- (5) MARTINS, S. L. (2000). Sistemas para a Transposição dos Peixes, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Escola Politécnica da USP.
- (6) ODEH, M. et al. U.S. Geological Survey, Glenn F. Cada - Oak Ridge National Laboratory. (2002). Evaluation of the effects of turbulence on the behavior of migratory fish, Final Report 2002, Report to Bonneville Power

Administration, Contract No. 00000022, Project No. 200005700, 55 electronic pages (BPA Report DOE/BP-00000022-1)

(7) PORCHER, J. P., LARINIER, M. (2002). Designing fishways, supervision of construction, costs, hydraulic model studies. In: LARINIER M.; TRAVADE F.; PORCHER J. P., 2002, Fishways: biological basis, design criteria and monitoring. Bulletin Fr. Pêche Piscic., nº364, 156-165.

(8) QUIRÓS, R. (1989). Structures Assisting the Migrations of Non-Salmonid Fish Latin America, Copescap Technical Paper, FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nation, Roma, 41 p.

(9) RAJARATNAM, N., KATOPODIS, C. (1986). Hydraulics of vertical slot fishways. Journal of Hydraulic Engineering, ASCE. Vol. 112. No 10.

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

(11) SANTO, M. (2005). Dispositivos de passagens para peixes em Portugal. Direcção Geral dos Recursos Florestais, Lisboa.

(12) SANTOS, H. A. (2004). Metodologia de Medição de Velocidade Prolongada Crítica e de Explosão das Espécies de Peixes Migradoras do Brasil, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, UFMG.

(13) VIANA, E. M. F. (2005). 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.

7.0 - AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES e ao CNPq pela concessão de bolsas de estudo. Os autores também agradecem ao Prof. Carlos Barreira Martinez do CPH da UFMG, pela troca de informações, ao Prof. António Pinheiro, do Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa, orientador da primeira autora durante do período de estágio de doutoramento e ao Eng. Dr. José Falcão de Melo pelo acolhimento no LNEC durante a realização de ensaios.

8.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Daniela Guzzon Sanagiotto
Nascido em Passo Fundo, RS em 14 de fevereiro de 1980.
Mestrado (2003) em Recursos Hídricos no IPH/UFRGS.
Graduação (2001) em Engenharia Civil: UFSM-Santa Maria/RS
Doutoranda em Recursos Hídricos no IPH/UFRGS.

Janaine Zanella Coletti
Nascida em Estrela, RS, em 19 de maio de 1979.
Graduação (2003) em Engenharia Civil: UFRGS
Mestrado (2005) em Recursos Hídricos no IPH/UFRGS
Doutoranda em Recursos Hídricos no IPH/UFRGS.

Marcelo Giulian Marques
Nascido em Porto Alegre, RS, em 18 de novembro de 1957.
Graduação (1980) em Engenharia Civil: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
Professor do Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.