

## Comunicação dos Sócios II (Nossa Contribuição)

### As escadas de peixes no contexto da conservação de recursos naturais

**Ângelo Antônio Agostinho & Luiz Carlos Gomes\***

As espécies de peixes mais afetadas pelos represamentos são aquelas de maior porte, geralmente de hábito migratório e elevada longevidade. Estas espécies, em geral, apresentam uma ampla área de vida, sendo que, em alguns casos, a distância entre os locais de desova e as áreas utilizadas para o crescimento podem superar 1.000km (Bonetto, 1963; Godoy, 1975). Várias dessas espécies requerem áreas apropriadas para o desenvolvimento inicial, geralmente habitats lênticos, com elevada estruturação e localizados entre as áreas de desova e crescimento (Agostinho & Julio Jr, 1999). A interrupção na rota migratória, a eliminação ou redução de áreas críticas (desova, desenvolvimento inicial) e/ou o isolamento genético são os mecanismos relacionados a esse impacto. Uma opção para minimizar os impactos dos represamentos sobre as espécies migradoras são os mecanismos de transposição, dentre eles as escadas de peixes.

No Brasil, a primeira escada foi construída em 1911, na represa de Itaipava, no rio Pardo (alto rio Paraná), com um desnível de 7 metros, sendo considerada bem sucedida na transposição de peixes. No início da década de 20, uma segunda escada foi construída na barragem da represa Cachoeira das Emas, no rio Mogi Guaçu. Embora com um desnível de apenas três metros, foi mal dimensionada e começou a funcionar apenas a partir de uma reforma realizada em 1942 (Godoy, 1985).

A construção de escadas de peixes ganhou impulso, entretanto, a partir de 1927, quando a sua instalação passou a ser exigência legal (Lei no. 2250/SP, de 28.12.1927; Decreto no. 4390, de 14.03.1928). Essa legislação prescrevia que “todos quantos, para qualquer fim, represarem as águas dos rios, ribeirões e córregos, são obrigados a construir escadas que permitam a livre subida dos peixes”.

Ao se generalizar a obrigatoriedade de uma obra, cujo funcionamento é resultado de interações entre suas características técnicas (tipo, declividade, vazão, posição em relação ao eixo da barragem, etc.) e a natureza da ictiofauna presente, sem o necessário conhecimento técnico-científico do empreendimento ou dos peixes, incorreu-se no risco de insucesso e desperdício de recursos, esforços e oportunidades.

Naquele período, foram construídas escadas de peixes logo acima de cachoeiras de até 70 metros de altura, como a edificada no córrego dos Negros (São Carlos-SP), ou em riachos onde a ictiofauna era composta apenas por espécies sedentárias (Charlier, 1957).

Atualmente estão em discussão na Câmara Federal os Projetos de Lei no. 4630 de 1998 e no. 884, de 1999, que representam a volta da legislação de 1927, que determinava, a obrigatoriedade da construção de escadas.

Este documento é motivado pela falta de consenso em relação à conveniência de obras facilitadoras de transposição de peixes em barragens, sob a perspectiva da conservação dos recursos e preservação da diversidade ictiofaunística. A abordagem empregada tem como pressuposto básico o fato que a construção e operação de passagens de peixes seriam estratégias de conservação de populações a nível regional, sendo as escadas meros instrumentos operacionais para o manejo e não como um fim em si mesmas.

#### Restrições à eficiência das obras de transposição

Após a construção das escadas, nenhuma avaliação de sua efetividade como ferramenta de manejo conservacionista foi realizada nesses empreendimentos. Os estudos esporádicos realizados no país estiveram restritos apenas a aspectos da eficiência dessas estruturas para a transposição de peixes. Mesmo assim, com resultados contraditórios. Assim, Godoy (1957, 1975) relata a grande eficiência da escada construída em Cachoeira de Emas (Pirassununga-SP). Borghetti *et al.* (1994) e Fernandez *et al.* (no prelo) relatam que grande número de espécies ascendem uma escada experimental localizada logo abaixo da barragem do reservatório de Itaipu, com uma altura aproximada de 27,3 metros. Godinho *et al.* (1991), por outro lado, informam acerca da baixa eficiência da escada (10,8m) instalada junto à barragem do reservatório de Salto Morais, no rio Tijuco. Porém, Godoy (1985) relata que, entre os anos de 1957 e 1980, foram construídas escadas em 23 represas do Nordeste brasileiro, todas com funcionamento satisfatório na subida de peixes.

A ausência de estudos acerca da eficiência das escadas de peixes no contexto da conservação da ictiofauna deve-se, principalmente, à complexidade desses estudos, que implicam no uso de tecnologias ainda não testadas adequadamente no Brasil.

Entretanto, um protocolo mínimo para os estudos e monitoramento de obras de transposição foi proposto por Agostinho *et al.* (2002), compreendendo:

1. caracterização prévia da ictiofauna regional, particularmente em relação às estratégias de vida das espécies regionais e da posição de áreas críticas ao ciclo de vida das espécies migradoras em relação ao eixo da barragem;
2. adequabilidade do desenho da escada ligadas à atração, ascensão e seleção específica;

3. continuidade da migração reprodutiva e alcance de locais adequados à desova;
4. deslocamentos descendentes e passagem de reprodutores e/ou juvenis para jusante da barragem.

### 1. Caracterização da Ictiofauna Regional e Inserção da Escada

O conhecimento da ictiofauna regional, especialmente a identificação das áreas críticas ao ciclo de vida das espécies migradoras e suas posições em relação ao eixo da barragem, é fundamental no processo decisório de construção das facilidades de transposição.

Nos reservatórios já formados, a existência de áreas de desova e de desenvolvimento inicial a montante e a jusante são imprescindíveis nesse processo. Por exemplo, existe pelo menos dois casos em que a construção de obras de transposição sem a necessária prospecção da viabilidade reprodutiva a montante pode estar acarretando prejuízos para a manutenção de peixes migradores na bacia do rio Paraná.

Assim, embora não haja estudos com suficiente abrangência que confirme essa possibilidade, os mecanismos de transposição da UHE Porto Primavera subtrai peixes do último segmento livre do rio Paraná em território brasileiro, onde comprovadamente as espécies migradoras completam seus ciclos de vida, e estocam no segmento a montante, com possibilidade de desova, porém com fortes restrições ao desenvolvimento inicial dessas espécies. Também no rio Paranapanema, onde pelo menos duas espécies migradoras (dourado e pintado) mantinham seus estoques aparentemente devido a um tributário lateral (rio das Cinzas) estão sendo conduzidos por uma escada recém contruída para o interior do reservatório a montante (Canoas) onde as possibilidades de complementarem o ciclo de vida são muito baixas.

### 2. O desenho da escada e sua eficiência na transposição

O desenho da escada é altamente relevante na eficiência de seu funcionamento, afetando o seu uso pelos peixes e a seleção das espécies que a ascendem. Embora o desenho não se constitua no problema fundamental para a passagem de peixes, desde que respeitadas algumas limitações, sua eficiência depende de ajustes operacionais, baseados na experimentação.

O aspecto mais crítico a ser avaliado deve ser o mecanismo de atração, que permite ao cardume encontrar o início da escada (entrada). Caso a entrada não seja prontamente reconhecida, os peixes podem permanecer em suas imediações por tempo prolongado, atrasando a migração e comprometendo a desova, ou mesmo jamais acessá-la.

A localização da escada, pelo fato de a entrada ser um aspecto crítico do seu funcionamento, deve ser um tema prioritário no seu planejamento. Entretanto, em razão da localização dos outros componentes da barragem, especialmente as tomadas de água pelos vertedouro e para as turbinas, o funcionamento da escada pode

ser comprometido, visto que os peixes transpostos podem ser colhidos pela tomada de água e retornar ao ponto inicial, sendo submetidos a intensa mortalidade.

Os dados disponíveis na literatura sobre a eficiência das escadas na transposição de peixes carecem de detalhamento e de um trabalho mais sistematizado. A exemplo do que se verifica com outros empreendimentos ou ações ligadas ao manejo dos recursos pesqueiros em reservatório, a maioria das escadas de peixes jamais foi objeto de monitoramento, a despeito dos altos investimentos e esforços envolvidos.

As avaliações realizadas por Godoy (1985), Godinho *et al.* (1991) e Castelo (1982) sugerem que, pelo menos para barragens com altura inferior a 16 metros, as escadas são eficientes meios de transposição. No entanto, falhas no desenho fazem com que, mesmo aquelas destinadas a superar pequenos desníveis não funcionem. É sabido, entretanto, que as escadas, como qualquer outro dispositivo de transposição, são seletivas. Esse aspecto é precariamente abordado nos estudos existentes. Entretanto, a seletividade não constitui problema desde que as espécies para as quais a obra se destina (grandes migradores) consigam utilizá-la. A figura 1 mostra um modelo de escada com eficiência satisfatória na ascensão de peixes.

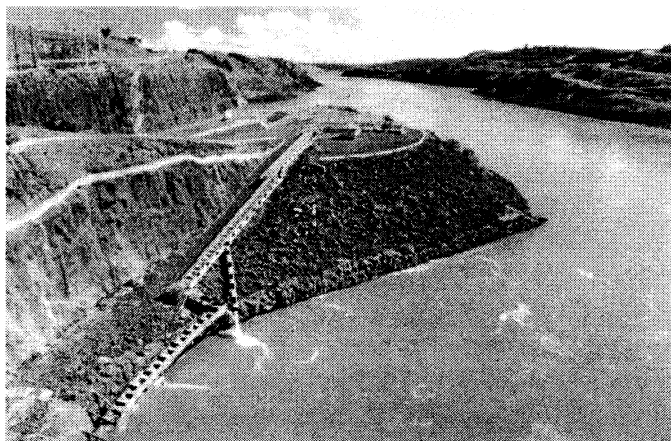


Fig. 1 Escada Experimental de Peixes a jusante da barragem do reservatório de Itaipu (Foto: Domingo R. Fernandez).

### 3. A continuidade da migração reprodutiva

Uma dúvida que permeou as discussões sobre a eficiência das escadas de peixes até há pouco tempo era a capacidade de um peixe em migração contra a corrente, uma vez transposta a barragem, continuar migrando no ambiente lêntico das áreas mais internas dos reservatórios. Atualmente há forte evidência de que isso não se constitua em problema relevante. Estudos de marcação e recaptura realizados no reservatório de Itaipu (Agostinho *et al.*, 1993) revelam que curimbas *Prochilodus lineatus* e armados *Pterodoras granulosus* provenientes do trecho imediatamente a jusante da barragem de Itaipu, marcados e liberados a montante, foram capturados acima do reservatório, cerca de 180km distante do local de soltura. O movimento desses peixes no corpo do reservatório foi

mais lento que o de outros liberados diretamente no rio (Agostinho *et al.*, 1993), mas, a velocidade média e a distância percorrida por esses indivíduos foram maiores que as daqueles capturados logo acima da barragem e liberados no mesmo local.

Entretanto, movimentos aleatórios dos indivíduos transpostos na área imediatamente a montante da barragem podem levá-los a serem colhidos pela tomada d'água das turbinas e/ou vertedouro, conduzindo-os ao ponto de origem e, como mencionado anteriormente, resultar em morte.

#### 4. Migração descendente e passagem pela barragem

Para que o sistema de transposição tenha significado na manutenção de populações ou estoques de peixes é necessário que os resultados da desova se propaguem para os trechos inferiores. Esse tema é tão ou mais crítico que a ascensão do peixe aos trechos superiores e tem sido sistematicamente ignorado no planejamento dos mecanismos de transposição (Quirós, 1988; Clay, 1995).

Nesse contexto, dois aspectos são críticos para a ictiofauna neotropical, ou seja, (i) as larvas e juvenis devem atravessar todo o corpo do reservatório até a barragem, e (ii) devem passar pela barragem com um mínimo de mortalidade.

Em relação ao primeiro, é oportuno lembrar que a maioria dos peixes migradores neotropicais, desovam em áreas altas da bacia, no período de níveis fluviométricos crescentes, temperaturas altas ou em elevação e com águas túrbidas. Ovos e larvas migram passivamente com a correnteza por dezenas de quilômetros enquanto se desenvolvem. As larvas são levadas pelas cheias para a várzea lateral (berçários = lagoas e baías), onde permanecem por um tempo variável (até dois anos, conforme a espécie). Mais tarde os juvenis dispersam, integrando os estoques adultos.

Nos casos em que os trechos livres a montante do reservatório são extensos, comporta locais de desova inalterados e apresenta áreas naturalmente alagáveis é esperado que sem a escada, as espécies migradoras retidas a montante mantenham seus estoques, com perdas na diversidade genética ao longo do tempo e possível depleção populacional a médio e longo prazo. Nesse caso, a transposição teria como objetivo apenas a manutenção da diversidade genética. Caso os juvenis sejam bem sucedidos no deslocamento a jusante, incluindo a passagem pela barragem, a operação da escada seria perfeita sob o ponto de vista conservacionista. Entretanto, se o deslocamento de adultos e juvenis a jusante for insuficiente, com grande mortalidade ao transpor a barragem, o estoque a montante seria beneficiado pelas trocas gênicas, porém isso implicaria em prejuízos aos estoques a jusante da barragem, não apenas pelas perdas genéticas como também pela subtração de reprodutores que poderiam contribuir para o recrutamento nesse trecho. Seria, nesse caso, recomendado um rigoroso con-

trole no funcionamento da escada, restringindo a quantidade de indivíduos transpostos.

Num outro cenário, novos aproveitamentos construídos acima tornariam o trecho a montante extremamente curto, conteria apenas os locais de desova, sem áreas alagáveis relevantes. Nesse caso, o estoque de grandes migradores seria drasticamente reduzido, podendo após alguns anos ser eliminado da área a montante. A transposição, nessas condições, poderia permitir a desova em áreas a montante. Entretanto, os ovos e larvas seriam passivamente conduzidos ao ambiente represado, cujas águas apresentam baixa velocidade e alta transparência, resultando em intensa predação. Ovos e larvas, mesmo de espécies migradoras de grande porte, como o pintado ou o dourado, são naturalmente predados por peixes de outros hábitos alimentares, incluindo espécies forrageiras, como insetívoros ou planctófagos. Embora não haja informações na literatura, é improvável que os ovos e larvas alcancem a barragem antes de serem totalmente dizimados pelas populações de peixes forrageiros que dominam os reservatórios, cujas águas são muito transparentes, especialmente nas áreas mais internas. A operação de meios de transposição neste último caso se configuraria uma fonte adicional de impactos ao inviabilizar o sucesso da reprodução de indivíduos com chance de desova em segmentos inferiores à barragem.

Uma situação diferente ocorre entre os salmonídeos, nos quais a concepção de meios de transposição existentes no Brasil foi baseada. Sua migração em direção ao mar é ativa e ocorre em tamanhos muito maiores (smolt ou yearling = 10 a 15cm), reduzindo drasticamente a predação.

Na hipótese, aqui considerada remota, de as larvas provenientes de pontos altos da bacia alcançarem a barragem, sua transposição para jusante é outro ponto crítico do processo de transposição.

Estudos de ovos e larvas conduzidos pelo Nupélia/Universidade Estadual de Maringá nos primeiros quilômetros abaixo do reservatório de Itaipu demonstram que (i) as larvas registradas eram provenientes do reservatório, como demonstraram os fatos de pertencerem essencialmente às duas espécies que se reproduziam naquele ambiente, ou seja, sardela (*Hypophthalmus edentatus*; 90% do total) e curvina (*Plagioscion squamosissimus*; 8,5%), e de suas formas adultas e em reprodução estarem ausentes do trecho amostrado, (ii) a taxa de larvas danificadas (decepadas e esmagadas) alcançou valores superiores a 30% do total, sugerindo alta mortalidade, visto que aquelas fracionadas não eram retidas pela rede de ictioplâncton, (iii) nenhuma larva de grande migrador foi registrada.

Esses resultados, embora demonstrem que muitas larvas podem passar pela barragem com a água turbinada ou vertida, sugerem que eventuais larvas que penetrem o reservatório a partir de tributários laterais não logram alcançar as áreas mais internas do reservatório.

A avaliação dos deslocamentos descendentes de ovos, larvas, juvenis e adultos e a estimativa da mortalidade imposta pelas estruturas da barragem na transposição para jusante são tarefas difíceis e com elevados riscos de serem não conclusivas, dada a extensa área a ser monitorada e as dificuldades de recapturar indivíduos marcados nas imediações do vertedouro ou no canal de fuga. Nunca foram reafirmadas em qualquer reservatório sul-americano. Entretanto essa é uma informação imprescindível na avaliação da eficiência da transposição e no seu controle.

#### Considerações finais

A despeito das inúmeras oportunidades oferecidas pelas várias escadas de peixes construídas em barragens brasileiras, suas eficiências como instrumento de manejo visando a preservação da biodiversidade e a manutenção dos estoques pesqueiros são ainda desconhecidas e, portanto, controversas. Os poucos estudos existentes tratam apenas da habilidade dos peixes neotropicals em ascenderem essas obras de transposição, não sendo tratado sequer o seu poder seletivo sobre as formas migradoras e os indivíduos em reprodução.

Aspectos cruciais ao processo decisório da construção dessas obras, como a efetividade da transposição para a manutenção dos estoques acima e abaixo da barragem, são amplamente desconhecidos.

Dado que a transposição pode resultar em prejuízos irreversíveis às populações dos trechos inferiores da barragem, especialmente pelas dificuldades dos movimentos descendentes de larvas, jovens e adultos, recomenda-se que investimentos sejam feitos para esclarecer esses aspectos antes que sua construção seja decidida.

Com o grau de conhecimento até agora disponível é possível recomendar escadas apenas nos casos em que o trecho a montante comporte áreas de desova e de desenvolvimento inicial e com a finalidade de melhorar a qualidade genética de estoques a montante. Nesse caso, cuidados especiais em relação à operação da obra de transposição de peixes são necessários para que isso não ocorra em detrimento dos estoques a jusante. Outras estratégias para a melhoria dos estoques a montante devem também ser considerados.

#### Referências bibliográficas

Agostinho, A.A.; Vazzoler, A.E. A. DE M., Gomes, L.C.; Okada, E.K. 1993. Estratificación espacial y comportamiento de *Prochilodus scrofa* en distintas fase del ciclo de vida, en la planicie de inundación del alto rio Paraná y embalse de Itaipu, Paraná, Brasil. *Revue D'Hydrobiologie Tropicale*, 26(1):79-90.

Agostinho, A.A.; Vazzoler, A.E.A. de M.; Thomaz, S. M. 1995. The High River Paraná basin: limnological and ichthyological aspects. In: Tundisi, J.G.; Bicudo,

C.E.M.; Matsumura-Tundisi, T. (Ed.). *Limnology in Brazil*. Rio de Janeiro: ABC/SBL, p.59-103.

- Agostinho, A.A.; Júlio JR., H.F. 1999. Peixes da bacia do alto rio Paraná. In: Lowe-McConnell, R. H.(Ed.) *Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais*. Tradução de A. E. A. de M. Vazzoler; A. A. Agostinho; P. Cunnighan. São Paulo: Ed. da USP, 1999. 535 p. (Coleção Base). Título original: *Ecological studies in tropical fish communities*.
- Agostinho, A.A.; Gomes, L.C.; Fernandes, D.R.; Suzuki, H.I. 2002. Efficiency of fish ladders for neotropical ichthyofauna. *River research an application*, v.32, p. 14-20.
- Bonetto, A.A. 1963. Investigaciones sobre migraciones de peces en los rios de la cuenca del Plata. *Ciencia e Investigación*, 19 (1-2):12-26.
- Borghetti, J.R.; Nogueira, V.S.G.; Borghetti, N.R.B.; Canzi, C. 1994. The fish ladder at the Itaipu Binational hydroelectric complex on the Paraná river, Brazil. *Regulated Rivers*, 9:127-130.
- Charlier, F. 1957. Proteção à fauna aquática nos rios brasileiros. São Paulo. Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo, Departamento de Produção Animal. 56p
- Clay, C.H. 1995. Design of fishways and other fish facilities. 2<sup>nd</sup> ed. Boca Raton: Lewis: American Fisheries Society, 1995. 248p. :il.
- Fernandez, D.F.; Agostinho, A.A.; Bini, L.M. Selection of na experimental fish ladder located at the dam of the Itaipu Binacional, Paraná river, Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Tecnology*. Curitiba, Pr, (no prelo).
- Fuem.Nupelia/Itaipu Binacional. 1990. Ecologia de populações de peixes no Reservatório de Itaipu, nos primeiros anos de sua formação. Maringá, 1990. 315p. il (Relatório anual Março/88 a Fevereiro/89, 7º etapa, -apoio Itaipu Binacional).
- Godinho, H.P.; Godinho, A.L.; Formagio, P.S.; Torquato, V.C. 1991. Fish ladder efficiency in a southeastern brazilian river. *Ciência e Cultura*, 43(1):p.63-67.
- Godoy, M.P. 1957. Marcação de peixes no rio Mogi Guassu. *Revista Brasileira de Biologia*, 17(4):479-490.
- Godoy, M.P. 1975. Peixes do Brasil sub-ordem Characoidei - Bacia do rio Moji-Guaçu. Piracicaba: Francisca. 4v.
- Godoy, M. P., 1985. Aquicultura. Atividade multidisciplinar. Escadas e outras facilidades para passagens de peixes.Estações de piscicultura. Florianópolis, Brasil, Eletrosul, 77p.
- Quirós, R., 1988. Structures Assisting Migrations of Fish Other than Salmonids: Latin America, FAO-COPESCAL Tech. Doc. n°5, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 50p.
- Ruggles, C.P. 1980. A review of the downstream migration of Atlantic salmon. *Can. Tech. Rep. Fish Aquatic Sci.* n.952, 37p.