

## **SISTEMAS DE TRANSPOSIÇÃO PARA PEIXES COMO CONECTORES DE METAPOPLULAÇÕES**

Dacley Hertes Neu, Sergio Makrakis (Orientador/UNIOESTE) Éder André Gubiani, Maristela Cavicchioli Makrakis, Lucas Renato Pinz. e-mail: dacley\_pesca@hotmail.com.

Universidade Estadual do Oeste do Paraná/Centro de Engenharia e Ciências Exatas – Toledo – PR.

**Palavras-chave:** Metapopulação, rio Paraná, peixes migradores, sistemas de transposição, ovos e larvas de peixes.

### **Resumo:**

A migração no rio Paraná exerce papel fundamental no sucesso reprodutivo dos peixes, principalmente para os de hábito migratório para fins reprodutivos, pela busca de ambientes adequados para a fertilização dos ovos, desenvolvimento inicial e condições com baixas taxas de predação. Com a construção de barragens, houve a fragmentação dos habitats, fazendo com que a migração reprodutiva se tornasse impossível. Os sistemas de transposição para peixes buscam minimizar, em parte, os problemas da movimentação ascendente para as espécies migradoras, principalmente as de longa distância, mas ainda, pouco se sabe sobre o uso desses sistemas para as migrações descendentes. Esse trabalho tem por objetivo verificar se há ou não metapopulações, ou manchas populacionais no rio Paraná, no trecho que compreende entre a UHE de Itaipu e a UHE de Porto Primavera, juntamente com seus tributários. Neste contexto, foi feita revisão bibliográfica com artigos que contemplassem a área de estudo, com a premissa do conceito de metapopulação, onde, de acordo com autores que constataram a presença de larvas de peixes em tributários, pôde sugerir a existência de metapopulações nesses ambientes. O conceito de metapopulação, neste caso, pode ser tanto do modelo continente-ilha, quanto de uma metapopulação interna, ou seja, apenas restrita a área do reservatório, população em manchas e metapopulação em desequilíbrio.

### **Introdução**

Os represamentos modificam o regime original das águas fluviais, levando à diminuição da área alagada a jusante, diminuindo a conectividade e, conseqüentemente, a biodiversidade dos habitats isolados (lagoas), que podem ser seriamente ameaçados pela ausência das inundações. Dessa forma, o pulso de inundação pode ser considerado um mecanismo que sustenta a persistência populacional, porque dispersa indivíduos entre os vários ambientes da planície de inundação, especialmente para as espécies estreitamente dependentes do pulso, como os migradores de longa distância (JUNK, 1999; AGOSTINHO *et al.* 2003; GUBIANI *et al.* 2007).

Na ausência de sistemas de transposição (escadas e elevadores), o grau de impacto causado por estruturas, como a construção de barragens para a formação de reservatórios, dependerá da capacidade e possibilidade dos peixes se reproduzirem nas imediações do obstáculo ou até mesmo de procurar resqúcio de áreas a jusante (ANTONIO *et al.* 2007).

Passagens de peixes foram designadas a restabelecer a conectividade entre populações e seus habitats que foram fragmentados pelas barragens. Apesar dessas estruturas terem objetivos vagos no que diz respeito às espécies alvos (migradoras), eles podem ser considerados eficientes quando cardumes de peixes rumam em direção rio acima donde eram provindos originalmente (CLAY, 1995; AGOSTINHO *et al.* 2007).

Durante o período de inundações, a maior conectividade entre habitats de várzea permite a circulação de várias espécies de peixes. Peixes dispersam-se em toda a área, e depois da retração das águas, a paisagem torna-se novamente um mosaico de habitats fragmentados, da mesma forma que ocorre no modelo de metapopulação Continente-Ilha (GOTELLI 1991, 2001; HANSKI, 1999). Neste caso, o rio funciona como o "Continente" e as lagoas como as "ilhas", e o pulso de inundação é o mecanismo de dispersão que intensifica a colonização, por meio da reprodução de espécies migradoras, que ocorre durante períodos de cheias. (GUBIANI *et al.* 2007).

Para tentar diminuir os efeitos catastróficos dos distúrbios ambientais e demográficos aleatórios em populações fragmentadas, recentemente tem se usado a abordagem metapopulacional. Uma metapopulação consiste em uma matriz de manchas de habitat (fragmentos), ocupadas por uma população e, conectadas entre si, por onde há circulação de indivíduos entre elas, ou seja, uma "população de populações" (LEVINS, 1969; RICKLEFS, 2000).

Estudos de metapopulações revelam que manchas ocupadas variam com o tempo, e que essa variação pode ser resultante de fatores, como tamanho da mancha, distância entre elas, incluindo a variação na qualidade do habitat, eventos como perturbações, estocasticidade dentro das populações e interações entre organismos de diferentes níveis tróficos (RICKLEFS, 2000). Modelos metapopulacionais descrevem um sistema aberto, no qual extinção e colonização dependem de movimentos de indivíduos entre um conjunto de sítios dispersos (LEVINS, 1969, 1970).

Movimentos de peixes, ascendentes ou descendentes, nas passagens para peixes, podem auxiliar na conservação e no manejo de metapopulações, devido que os peixes deslocam-se de um ambiente a outro em busca de locais propícios para sua reprodução, alimentação e desenvolvimento. Assim, os sistemas de transposição para peixes poderão desempenhar o papel da conexão entre os ambientes e propiciar a manutenção das metapopulações, principalmente para as espécies migradoras de longa distância, para os trechos fragmentados pelas barragens construídas pelas ações antrópicas.

O objetivo deste trabalho foi verificar se os sistemas de transposição para peixes podem desempenhar o papel de conectores, e se enquadrar em alguns dos pressupostos do conceito de metapopulação para o trecho que

compreende a montante e a jusante da UHE Engenheiro Sergio Motta – CESP (Porto Primavera) ao Canal da Piracema UHE Itaipu Binacional, no rio Paraná.

## **Materiais e Métodos**

Para este trabalho foram utilizadas informações das pesquisas realizadas anteriormente na área de estudo e descritas através de levantamentos bibliográficos. Buscaram-se informações sobre a ictiofauna existente, com ênfase para as espécies migradoras de longa distância. Os locais abordados nesta pesquisa foram: os sistemas de transposição para peixes: o Canal da Piracema e Escada para Peixes, das UHE Itaipu Binacional e Engenheiro Sergio Motta, respectivamente, nos estudos de avaliação de ovos e larvas no reservatório de Itaipu, alguns dos tributários desse reservatório, na Planície de inundação a montante do reservatório de Itaipu, no reservatório de Porto Primavera e alguns dos seus tributários.

## **Resultados e Discussão**

De acordo com Wagner (2005), a escada para peixes da UHE Eng. Sergio Motta tem se mostrado eficiente na transposição de indivíduos com predominância na movimentação ascendente. Este autor relata que 18 espécies apresentaram movimentos descendentes, entre elas *Leporinus elongatus*, *Leporinus obtusidens*, *Pimelodus maculatus* e *Rhaphiodon vulpinus* consideradas migradoras de longa distância (SUZUKI *et al.* 2001; AGOSTINHO *et al.* 2003), contudo, o número de indivíduos que descendem a escada é bem menor do que os que ascenderam. Em um trabalho realizado no mesmo sistema de transposição, Makrakis *et al.* (2007), relatam que a escada pode estar favorecendo seletivamente algumas espécies com maior capacidade natatória e que, as espécies migradoras de longa distância (11 espécies) predominaram (60% do total).

Levantamentos realizados por Sanches (2002), durante o período de cheias, revelaram altas densidades de larvas no reservatório de Porto Primavera, portanto, uma desova bem sucedida. As larvas, porém, não puderam acessar os habitats da planície em função da falta de conectividade, fato esse que refletiu na biomassa.

Na região do alto rio Paraná, que compreende os tributários da UHE Engenheiro Sergio Motta (rio Pardo, rio Verde, rio Anhanduí e rio Aguapeí), estudos sobre ovos e larvas de peixes foram realizados pela Companhia Energética de São Paulo-CESP (2006) e por FUNIVERSITÁRIA-GETECH/CESP (2008), em um levantamento preliminar. Nas coletas feitas nos períodos de 2003 e 2004 realizadas pela CESP (2006), nas lagoas marginais dos tributários, foram identificados além do jaú (*Z. zungaro*) que já havia sido descrito nos rios Aguapeí, Pardo e Verde, outras sete espécies migradoras em formato de larvas: *P. granulatus*, *S. lima*, *H. platyrhynchos*, *L. obtusidens*, *P. lineatus*, *P. corruscans* e *R. aspera*. O tributário com maior

número de exemplares de espécies migradoras foi o rio Aguapeí, onde *P. lineatus* foi à espécie mais representativa.

De acordo com Silva *et al.* (2008a), em um levantamento preliminar, no rio Pardo, afluente do rio Paraná e tributário do reservatório de Porto Primavera, foram coletados 82 ovos, 455 larvas e 71 indivíduos jovens/adultos. Dentre essas larvas encontradas, destaque para a família Anostomidae e para as espécies migradoras *B. orbignyanus*, *S. brasiliensis* e *L. elongatus*. Estudos conduzidos por Silva (2008b) nos tributários do reservatório de Porto Primavera demonstram que espécies de peixes migradores de longa distância estão alcançando esses locais e completando seu ciclo de vida. Foram encontradas larvas de *P. maculatus* nos rios Pardo, Aguapeí e Anhanduí. Larvas de *Pseudoplatystoma corruscans* foram encontradas em grandes quantidades no rio Verde, em menores quantidades nos rios Pardo, Anhanduí e Aguapeí. Larvas de *Hemisorubim platyrhynchos* ou *Pseudoplatystoma corruscans* também foram encontradas com maiores capturas no rio Verde, e em menores nos rios Pardo, Anhanduí e Aguapeí. *Leporinus friderici* foi encontrada apenas no rio Aguapeí. Larvas de *S. lima* foram observadas nos rios Pardo, Verde e Aguapeí. *Prochilodus lineatus* foi encontrada nos rios Anhanduí, Verde, Pardo e Aguapeí. Larvas de *Z. zungaro* foram encontradas apenas no rio Verde e em baixas densidades. *Brycon orbignyanus* foi encontrada nos rios Verde e Pardo. Larvas de *S. brasiliensis* foram detectadas nos rios Verde e Pardo. *Rhaphiodon vulpinus* foi encontrada nos rios Verde, Pardo e Aguapeí. Além dessas espécies, várias espécies sedentárias ou de curtas migrações também foram identificadas neste estudo.

Baumgartner *et al.* (2004 e 2005) reforçam a idéia de que o ciclo migratório e reprodutivo, de maneira geral, foi evidenciado para o alto rio Paraná, onde as espécies maduras migram rio acima à procura de habitats favoráveis a desova. Quando atingem a maturação completa dos ovários, os gametas são liberados e os ovos derivam com as correntezas. Durante este percurso, as larvas eclodem e são lançadas em ambientes propícios ou não, dependendo da disponibilidade de alimentos e das condições ambientais.

Estudos de ovos e larvas de peixes no reservatório de Itaipu e tributários também foram realizados por ITAIPU BINACIONAL e UNIOESTE/GERPEL (2003; 2008). Nas coletas compreendidas entre o período de 2002 e 2003 foram coletados ovos e larvas de peixes, e, ao todo, foram identificados 23 espécies, dentre elas, algumas migradoras como *S. brasiliensis*, *B. orbignyanus*, *Leporinus spp.*, *R. vulpinus*, *R. aspera*, *P. maculatus*, *P. pirinampu*, *S. lima*, e *P. corruscans*. Já para o período de 2008, houve uma diminuição das espécies migradoras. Foram encontradas larvas de peixes como *R. vulpinus*, *P. granulatus* e *Pimelodus spp.* no reservatório. Já para os tributários não houve um destaque para peixes de hábitos migratórios, sendo mais encontrados ovos e larvas de espécies sedentárias.

Baumgartner *et al.* (2005) dizem que os deslocamentos de peixes no reservatório de Itaipu e a montante deste, foram registrados durante muitos anos pela UNIOESTE e pela Itaipu Binacional, onde foi verificado que várias espécies, como armado (*P. granulatus*), pacu (*P. mesopotamicus*), pintado

(*P. corruscans*), curimba (*P. lineatus*) e outras, realizam migrações tanto ascendentes (reprodutivas) quanto descendentes (alimentares). O que reforça a idéia de que é necessário a manutenção e preservação dos locais de desova situado nos tributários.

No Canal da Piracema, foram empregadas marcas do tipo LEA nos peixes, destinadas para estudos de movimentação ascendente e descendente. Dentre os peixes marcados (214 indivíduos), o destaque foi para *L. friderici* com 52 indivíduos. Além deste, foram marcadas espécies migradoras como *P. lineatus*, *P. fasciatum*, *L. elongatus*, *P. maculatus*, *P. granulatus*, *L. obtusidens*, *P. corruscans*, *S. brasiliensis*, *P. mesopotamicus*, *P. pirinampu*, *B. orbignyanus* e *R. aspera*. A presença de larvas de espécies migradoras foram relevantes com capturas de *R. vulpinus* e *B. orbignyanus*. Ainda ocorreu a presença de larvas de *Leporinus* spp, que podem ser tanto de *L. elongatus*, *L. obtusidens*, ou ainda *L. friderici* (GERPEL/NUPELIA, 2005 a 2006).

Levando em consideração que o ambiente se encontra fragmentado em dois locais (UHE Itaipu Binacional e UHE de Porto Primavera), é possível assumir que *L. elongatus*, *P. corruscans* e *S. brasiliensis* tem ampla distribuição desde a UHE Itaipu Binacional até os tributários de Porto Primavera, onde foram coletados indivíduos adultos no Canal da Piracema, Planície de inundação e na escada para peixes da UHE Eng. Sergio Motta (exceto pintado). Já ovos e larvas foram coletados nos tributários do reservatório de Itaipu, planície de inundação e nos tributários de Porto Primavera. Toda essa movimentação ocorreu em anos distintos, antes e depois do fechamento das duas hidrelétricas, o que supõe que essas espécies conseguem colonizar habitats e, conseqüentemente, persiste a extinções locais, de modo que esta se encaixa dentro de um modelo metapopulacional para o rio Paraná. O pintado, que foi capturado desde Yacyretá até os tributários de Porto Primavera, em alguma fase do seu ciclo de vida, teve capturas em épocas antes e depois do funcionamento dos sistemas de transposição nas duas barragens, sendo que larvas foram coletadas desde 1998 até 2008 na planície e reservatório de Porto Primavera. Logo, esta espécie, mesmo sendo uma das principais espécies economicamente explotáveis para a região, consegue encontrar locais adequados para sua desova e desenvolvimento inicial, o que pode sugerir que esta se encontra sob um modelo metapopulacional desta bacia, sendo o rio Paraná a calha principal, ou seja, o mecanismo de distribuição de espécies para outras áreas é feito através do pulso de inundação, atendendo o pressuposto do modelo Continente-Ilha e Populações em mancha. O dourado obteve resultados semelhantes. Como larvas e indivíduos adultos foram coletados, evidencia a persistência da população ao longo do rio, deixando clara a busca de habitats favoráveis para que a espécie possa completar seu ciclo de vida, fator relevante para uma predição do modelo metapopulacional, onde indivíduos migram por ambientes fragmentados.

O mandi-amarelo (*P. maculatus*) resultou numa ampla distribuição ao longo da bacia do rio Paraná. Adultos foram registrados em Itaipu, Planície de inundação e Porto Primavera, larvas desta espécie foram coletadas nos

tributários dos dois reservatórios e na planície. As datas de capturas correspondem a períodos antes e após o funcionamento dos mecanismos de transposição. Na Planície de inundação, houveram coletas antes do represamento de Porto Primavera, que mostra que essa espécie consegue colonizar novos habitats, mesmo quando sofre perdas de outros locais. Em um conceito metapopulacional, a colonização desta espécie por vários trechos do rio, evidencia a persistência e, conseqüentemente, a reprodução e desenvolvimento do mandi-amarelo no trecho entre Itaipu e Porto Primavera, denotando que essa espécie pode atender um conceito metapopulacional.

Outra espécie com grande flexibilidade pela bacia do rio Paraná é o armado, que teve ampla distribuição, desde o Canal da Piracema até os tributários de Porto Primavera, em todas as formas, larvas, jovens e adultos, denotando facilidade em colonização de espaços, mesmo quando ocorreram perturbações no habitat, já que houveram coletas em períodos pré e pós fechamento da UHE Eng. Sergio Motta. Os resultados desta espécie nos mostram que esta é capaz de completar seu ciclo de vida em diferentes locais do rio, com presença na maioria dos locais estudados, evidenciando assim, um conceito metapopulacional do tipo Continente-ilha.

Uma espécie que foi encontrada apenas em três coletas, o jaú (*Z. zungaro*), deixa clara a necessidade de proteção das cabeceiras dos rios. Foram encontrados apenas nos tributários do reservatório de Porto Primavera. Esta espécie pode se enquadrar em um modelo metapopulacional, diferente das outras espécies com maior flexibilidade de reprodução. Com a presença do jaú nesses ambientes, este poderá atender ao conceito de metapopulações internas, ou seja, quando os tributários desempenham o papel do continente, o rio Paraná e os reservatórios, cumprem o papel das ilhas. Do mesmo modo que o *S. lima* amostrados apenas nos tributários dos dois reservatórios. Mas quando levamos em conta apenas os resultados deste estudo, o conceito em que esta espécie se enquadra é Metapopulação em desequilíbrio.

*R. aspera* é uma espécie com distribuição bastante ampla pelo rio Paraná. Ocorreram desde Itaipu até os tributários de Porto Primavera. Embora, nas últimas coletas não foram registradas, houve relatos que grandes quantidades estiveram presentes nos sistemas de transposição das duas hidrelétricas. O cascudo preto movimentava-se em cardumes e a grande dificuldade em ascensão pela escada para peixes pode ter colaborado para uma menor coleta de ovos e larvas, a montante de Porto Primavera (FUKUSHIMA *et al.* 2008). Devido ao grande fluxo em anos anteriores, e das capturas em vários locais, que propõe que esta espécie esteja inserida no modelo metapopulacional do tipo Continente Ilha, com os tributários fazendo o papel de dispersão das proles desses indivíduos.

Indivíduos de *H. platyrhynchos* foram coletados em poucas quantidades, com ovos e larvas nos tributários de Porto Primavera e adultos no elevador de Yacyretá. Esta espécie ainda não pode ser contida em um modelo metapopulacional deste estudo, devido aos poucos dados. Se somente nesses locais esta espécie se faz presente, é mais provável que ela

sofra uma extinção local, deste modo, estaria contida num modelo de metapopulação em desequilíbrio, onde não há fluxo de indivíduos entre os fragmentos, ou seja, as populações são perdidas pouco a pouco por extinção, que não podem ser recompensadas por recolonização. É o caso de populações relictuais.

O dourado-facão (*R. vulpinus*) tem uma distribuição ampla ao longo do rio, visto que foi capturado nos sistemas de transposição das duas barragens e formas larvais nos tributários dos reservatórios. De posse desses dados, acredita-se que esta espécie consiga fazer a migração reprodutiva em busca de locais propícios, logo, se encaixa no contexto metapopulacional.

Baumgartner *et al.* (2004) enfatizaram que não somente os tributários, nas porções altas dos rios, mas todos próximos ao reservatório podem ser usados como rotas alternativas para peixes migradores. Deste modo, o último trecho livre do alto rio Paraná é extremamente importante para a manutenção de estoques pesqueiros e para a diversidade regional de peixes.

Para as espécies de peixes de comportamento migratório para fins reprodutivos, a desova é um pouco mais complexa, porque esses peixes procuram preferencialmente, locais acima do reservatório com áreas de menores fluxos d'água para liberar seus gametas. Como a maior parte do rio Paraná já se encontra represada, se torna difícil encontrar um ambiente favorável para essa finalidade.

No caso dos peixes que migram rio acima para desovar, realizem o movimento descendente em busca de alimentos, tem-se uma metapopulação. O rio principal distribuirá a população inicial, para recompor ou colonizar um outro habitat, de maneira que esses peixes, após crescerem, farão a mesma rota migratória. Deste modo, será contemplada uma metapopulação do tipo Continente-ilha, onde o rio principal, no caso o rio Paraná, distribuiria populações de peixes para o reservatório de Porto Primavera através da escada para peixes.

No caso da ocorrência da reprodução dos peixes nos tributários do reservatório, esses locais “devolveriam” os peixes no formato de juvenis para áreas a jusante da UHE Eng. Sergio Motta. O mesmo ocorrendo em Itaipu, onde os peixes, havendo a possibilidade de transpor o Canal da Piracema alcançando o reservatório e tributários para reproduzirem, pudessem voltar para a jusante de alguma maneira, ou pelas turbinas, ou vertedouros ou pelo Canal da Piracema. Assim, populações, tanto a montante como a jusante, formariam o conceito de metapopulações do tipo Continente-Ilha, onde o rio estaria distribuindo peixes para os locais distintos e os peixes colonizando esses espaços de uma maneira que a população consiga se perpetuar fazendo com que a taxa de extinção diminua ou, ao menos, não aumente.

Outro aspecto da teoria de metapopulações refere-se a extinção de populações, logo, quando essas espécies não conseguem completar seu ciclo de vida, ficam sujeitas, a perdas significativas ou mesmo a extinção de espécies. Em uma metapopulação, populações podem ser ganhas por colonização de manchas vazias de habitats e podem ser perdidas por

extinção local (LEVINS, 1969; PINTO-COELHO, 2000), e esse é o ponto crítico, porque as espécies migradoras são as que têm maior importância comercial (LUCAS *et al.* 2001), e as fragmentações causadas por barragens, não podem ser superadas quando não contam com sistemas de transposição.

Do mesmo modo que extinções podem ocorrer, colonizações por espécies novas também podem, como é o caso da cachara (*Pseudoplatystoma reticulatum*) que ascendeu o rio Paraná quando as sete quedas foram inundadas para a formação do reservatório de Itaipu e conseguem se desenvolver nesses ambientes, como algumas foram marcadas no Canal da Piracema, denota seu comportamento migratório (ITAIPU BINACIONAL/ UNIOESTE – GERPEL/ UEM – NUPELIA, 2004, 2005).

O rio Paraná se enquadra no contexto de metapopulação, porque apenas uma fração das manchas existentes estão ocupadas (entende-se aqui manchas, habitats propícios ao desenvolvimento), apesar de muitas outras serem passíveis de ocupação, já que existe neste rio, sistemas de transposição nas barragens de Itaipu e Porto Primavera, que podem ligar os ambientes, ao menos em tese.

Estudos complementares sobre os movimentos descendentes desses indivíduos serão necessários, para que se possa afirmar que os sistemas de transposição podem ser considerados conectores de metapopulações. No entanto, se as larvas forem carregadas a deriva da correnteza, passando pelas turbinas, ou vertedouro ou mesmo pela escada, de modo que sobrevivam e se desenvolvam nos locais abaixo, será possível definir como metapopulação.

Outra questão que pode ser aplicada dentro do reservatório é a presença de metapopulações internas, quando os tributários são locais de reprodução e as larvas são distribuídas no próprio reservatório, encontrando locais adequados para seu desenvolvimento inicial. Os tributários funcionariam como o continente e o reservatório como as ilhas, fazendo a distribuição das larvas que depois de atingirem tamanho reprodutivo fariam o mesmo caminho. Deste modo, não há passagem pelo sistema de transposição, o que há é uma conectividade entre os ambientes (tributários), e os peixes podem mover-se de um lugar para outro. Este mesmo sistema, metapopulações internas, pode ser conceituado como uma metapopulação combinada entre os modelos Continente-Ilha e Populações em mancha, onde há um núcleo formado por um conjunto de populações pequenas, mas conectadas com tanta frequência, que o núcleo como um todo não se extingue e serviria como fonte de recolonização para várias populações periféricas, mas isoladas que estão sempre se extinguindo e sendo substituídas (PINTO-COELHO, 2000).

Num contexto geral, para as espécies deste estudo, destacam-se *S. brasiliensis*, *P. corruscans*, *P. granulosus* *L. elongatus* e *P. maculatus*. Essas espécies apresentam ampla distribuição ao longo da bacia do rio Paraná, coletadas em formas de larvas e indivíduos adultos. Isso demonstra que elas têm maior facilidade em colonizar novos ambientes e apresentam menores

riscos de extinção, visto que as populações conseguem se mover por entre outras populações. Quanto ao modelo que estas espécies se encontram, ainda não é possível uma conclusão plausível, mas podem ocorrer o modelo Continente-Ilha, onde uma população maior nunca se extingue, e sirva de fonte de colonizadores para as populações periféricas e menores, que se extinguem com frequência, mas que estão sendo continuamente substituídas por recolonizações. Populações em mancha, onde há um núcleo formado por várias populações menores, mas conectadas com tanta frequência que o núcleo nunca chega a se extinguir, e, um outro modelo que é um caso intermediário, unindo os modelos continente ilha e população em manchas, onde o núcleo é formado por um conjunto de populações pequenas, havendo movimentações frequentes, esse núcleo serve como meio de recolonização para várias populações periféricas mas isoladas que estão sempre se extinguindo e sendo substituídas. (GOTELLI, 1991; 2001; HANSKI, 1999; RICKLEFS, 2000).

Levando em consideração apenas os dados observados nesse trabalho, nota-se que as espécies *Z. zungaro*, *S. lima*, *P. pirinampu*, *H. platyrhynchos* e *P. mesopotamicus* foram coletadas em menores frequências. Se, apenas esses dados fossem os resultados da distribuição dessas espécies, poderia ser predito outro modelo metapopulacional, neste caso a População em desequilíbrio, onde as populações são apenas perdidas e, em algum momento se extinguiriam, visto que não haveriam recolonizações, principalmente para as espécies *Z. zungaro*, *H. platyrhynchos*, *P. pirinampus* e *S. lima*. Já *P. mesopotamicus*, além desse modelo, metapopulações em manchas também poderia ser predito.

Os sistemas de transposição podem estar servindo como conectores de metapopulações para este trecho do rio Paraná, visto o grande fluxo de indivíduos por esses mecanismos. Esses sistemas são de suma importância, sendo eles os únicos meios com que os peixes podem se deslocar de um lado a outro nos ambientes fragmentados, podendo assim concluir seu ciclo de vida.

## **Conclusões**

Para este estudo as espécies de peixes migradores de longa distância como: pintado, dourado, armado e piapara foram as espécies que se destacaram em atender aos conceitos de metapopulação, pois, apresentaram ampla distribuição, para a área de estudo, na bacia do rio Paraná. Essas podem se enquadrar nos modelos metapopulacionais Continente-Ilha, ou do mesmo modelo, de um modo interno, apenas no reservatório. Já o jaú, jurupem, barbado e pacu que dispunham de menos dados encontrados, podem se enquadrar no modelo metapopulacional População em desequilíbrio. E os sistemas de transposição para peixes Canal da Piracema e escada para peixes da UHE Engenheiro Sergio Motta podem estar exercendo o papel desta ligação necessário para a manutenção metapopulacional. Este estudo requer ampliação das análises, principalmente de longo prazo, com uso de técnicas de marcação e

recaptação e/ou técnicas telemétricas, bem como estudos de ovos e larvas, recrutamento e genética para confirmação dessas premissas.

## Referências

- Agostinho, A. A.; Gomes, L. C.; Suzuki, H. I. & Júlio, H. F. Jr. Migratory fishes of the upper Paraná River basin, Brazil. 2003. In: Migratory Fishes of South America. CAROLSFELD, J.; HARVEY, B.; Ross, C.; Baer, A. Biology, fisheries and Conservation Status. Canadá. 2003, 351p.
- Agostinho, C. S.; Agostinho, A. A.; Pelicice, F.; Almeida, D. A.; Marques, E. E.; Selectivity of fish ladders: a bottleneck in Neotropical fish movement. *Neotropical Ichthyology*. 2007. v. 5, n. 2, p. 205-213.
- Antonio, R. R.; Agostinho, A. A.; PELICICE, F. M.; BAILLY, D.; Okada, E. K.; Dias, J. H. P. Blockage of migration routes by dam construction: can migratory fish find alternative routes? *Neotropical Ichthyology*. 2007. v.5, n.2, p. 177-184.
- Baumgartner, G.; Nakatani, K.; Gomes, L. C.; Bialetzki, A.; Sanches, P. V.; Makrakis, M. C. Identification of spawning sites and natural nurseries in the upper Paraná river. *Environmental Biology of Fishes*, Netherland. 2004. v. 71, p. 115-125.
- Baumgartner, G.; Makrakis, M. C.; Baumgartner, D.; SILVA, P. R. L.; Fontes, H. M. J.; Bauer, L. Bombardeli, D. A. Variação nas Densidades de Larvas de Peixes, Durante Vários Períodos de Desova, no Reservatório de Itaipu. In: Anais do Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica. Curitiba – PR, 2005.
- Clay, C. H. Design of fishways and other facilities. 1995. Lewis Publisher. Boca Raton, 248 p.
- COMPANHIA ENERGÉTICA DE SÃO PAULO-CESP. UHE ENG. SERGIO Motta. Programa de Monitoramento da ictiofauna e dos Recursos Pesqueiros. Levantamento de ovos e Larvas de Peixes e Sítios de Reprodução. (período 1999 a 2003). CESP. 2006, 31 p.
- Fukushima, S. I.; Neu, D. H.; Pinz, L. R.; Wagner, R. L.; Makrakis, S. Avaliação da eficiência da escada de peixes na UHE Eng. Sergio Motta – CESP (Primavera – São Paulo). Anais EAIC, Foz do Iguaçu PR, 2008.
- FUNIVERSITÁRIA-GETECH/COMPANHIA ENÉRGICA DE SÃO PAULO-CESP. Avaliação dos sistemas de transposição da UHE Engenheiro Sergio Motta-CESP. Relatório Final- 3ª etapa (período de 2006-2007). Toledo-Paraná, 2008, 103 p.
- Gotelli, N. J. Metapopulation Models: The Rescue Effect, The Propagule Rain, and The Core Satellite-Hypothesis. *The American Naturalist*. 1991. v. 138, n. 3, p. 768-776.
- Gotelli, N. J. A Primer of Ecology. 3rd. edition. Sinauer Associates. Inc., Sunderland, MA. 2001, p. 81-96.
- Gubiani, E. A.; Gomes, L. C.; Agostinho, A. A.; Okada E. K. Persistence of fish populations in the upper Parana´ River: effects of water regulation by dams. *Ecology of Freshwater Fish*. 2007. v. 16, n.2, p. 191–197.
- Hanski, I. *Metapopulation Ecology*. Oxford University Press. 1999, 313p.

ITAIPU BINACIONAL/ UNIOESTE (Universidade Estadual do Oeste do Paraná). GERPEL (Grupo de Pesquisa em Recursos Pesqueiros e Limnologia). “Estudo da Migração de Peixes no Rio Paraná”. Relatório Anual. 5ª Etapa (Setembro de 2002 a Agosto de 2003). Toledo – PR, 53 p.

ITAIPU BINACIONAL/ UNIOESTE (Universidade Estadual do Oeste do Paraná) – GERPEL / UEM (Universidade Estadual de Maringá) – NUPELIA. Avaliação do Canal da Piracema como Sistema de Transposição. Relatório Final (Abril de 2004 a Maio de 2005). Maringá/Toledo - PR

ITAIPU BINACIONAL/ UNIOESTE (Universidade Estadual do Oeste do Paraná) – GERPEL (Grupo de Pesquisa em Recursos Pesqueiros e Limnologia)/ UEM (Universidade Estadual de Maringá) – NUPELIA (Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura). Avaliação do Canal da Piracema. Relatório Final. 2ª Etapa. (Novembro de 2005 a Novembro de 2006). Maringá/Toledo – PR, 96 p.

ITAIPU BINACIONAL/ UNIOESTE (Universidade Estadual do Oeste do Paraná) – GETECH (Grupo de Pesquisa em Tecnologia de Produção e Conservação de Recursos Pesqueiros e Hídricos) – NUPELIA (Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura). “Avaliação e Monitoramento da Migração de Peixes do Canal da Piracema Associado ao Comportamento e Eficiência na transposição de Peixes do Rio Paraná”. Relatório Parcial. (Maio de 2008). Toledo – PR, 50 p.

Junk, W. J. The flood pulse concept of large rivers: Learning from the tropics. *Archiv für Hydrobiologie*. 1999. v, 115, p. 261-280.

Levins, R. Some demographic and genetic consequences of environmental heterogeneity for biological control. *Bull. Entomol. Soc. Am.* 1969, p. 237–240.

Levins, R. Extinction. In M. Gerstenhaber, *Some Mathematical Problems in Biology*: Providence, R. I.: American Mathematical Society, 1970, p. 77-107.

Lucas, M. C.; Baras, E.; Thom, T. J.; Duncan, A.; Slavik, O. *Migration of Freshwater Fishes*. Oxford: Blackwell Science Ltd. 2001, 420.

Makrakis, S.; Makrakis, M. C.; Wagner, R. L.; DIAS, J. H. P.; Gomes, L. C. Utilization of the fish ladder at the Engenheiro Sergio Motta Dam, Brazil, by long distances migrating potamodromous species. *Neotropical Ichthyology*. 2007. v. 5. n. 2, p. 197-204.

Pinto-Coelho, R. M. *Fundamentos em Ecologia*; Editora Artmed, Porto Alegre RS. 2000, p. 49–54.

Ricklefs, R. E; Miller, G. L. *Ecology*; Quarta edição, Editora W.H. Freemanand, company New York. 2000, p. 329-345.

Sanches, P. V. Influências das variações do nível fluviométrico e canais e efeitos do barramento sobre o ictioplâncton na planície de inundação do alto rio Paraná, Brasil. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Maringá. 2002.

Silva, P. S. Assumpção, L. Andrade, F. F.; Azevedo, A. V.; Makrakis, M. C; Makrakis, S.; Wagner, R. L.; Dias, J. H. P. Levantamento Preliminar da Ocorrência do Ictioplâncton no rio Pardo, um Tributário do Reservatório de

Porto Primavera, rio Paraná – MS. Anais do XIX Seminário de Pesquisa XIV Semana de Iniciação Científica 2008a. Guarapuava PR.

Silva, P. S. Avaliação da Ocorrência do Ictioplâncton em Tributários do Reservatório de Porto Primavera - CESP, rio Paraná, São Paulo. Monografia de Graduação. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. 2008b.

Suzuki, H. I.; Pelicice, F. M.; Luiz, E. A.; Latini, J. D. Agostinho, A. A. Estratégias reprodutivas da assembléia de peixes da planície de inundação do alto rio Paraná. 2001, p. 113-116. Disponível em: [http://www.peld.uem.br/Relat2002/pdf/comp\\_biotico\\_estrategia.pdf](http://www.peld.uem.br/Relat2002/pdf/comp_biotico_estrategia.pdf) , acessado dia 25/09/2008.

Wagner, R. L. Análise da Eficiência Ascendente e Descendente do Sistema de Transposição de Peixes da UHE Eng. Sergio Motta. Monografia de Graduação. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. 2005.