

# FRAGMENTAÇÕES DE BACIAS HIDROGRÁFICAS COMO FATOR DE DIFERENCIAÇÃO GENÉTICA EM PEIXES

**Rodrigo Mostaro Campos<sup>1</sup>, Newton Soares da Silva<sup>2</sup>, Maria Regina de Aquino-Silva<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Universidade do Vale do Paraíba/ Programa de Pós Graduação em Ciências Biológicas,  
[sancho\\_bio@yahoo.com.br](mailto:sancho_bio@yahoo.com.br).

<sup>2</sup>Universidade do Vale do Paraíba/ IP&D

<sup>3</sup>Universidade do Vale do Paraíba/ NEPLI / IP&D – Av. Shishima Hifumi, 2911 CEP 12244000 São José dos Campos – São Paulo.

**Resumo:** A variação genética em espécies locais, está diretamente ligada ao processo de fragmentação de ambientes. A construção de reservatórios de geração de energia e formação de barreiras naturais, podem causar instabilidade nas comunidades de peixes levando a um isolamento reprodutivo, diminuição da variabilidade genética daquelas espécies locais e até mesmo ocasionar uma extinção localizada de alguns elementos da ictiofauna. Através de técnicas moleculares adequadas, pode-se pesquisar as relações das fragmentações com as variabilidades genéticas. O objetivo deste trabalho é mostrar a importância de um estudo adequado dos processos de fragmentação de bacias hidrográficas e sua relação genética com as espécies de peixes locais.

**Palavras-chave:** fragmentação, bacias hidrográficas, variabilidade genética.

**Área de conhecimento:** Ciências Biológicas

## Introdução

A bacia hidrográfica corresponde a uma unidade natural, ou seja, uma determinada área da superfície terrestre, cujos limites são criados pelo próprio escoamento das águas sobre a superfície, ao longo do tempo. Isso significa que a bacia é o resultado da interação da água e de outros recursos naturais como: material de origem, topografia, vegetação e clima. Assim, um curso d'água, independentemente de seu tamanho, é sempre o resultado da contribuição de determinada área topográfica, que é a sua bacia hidrográfica (BRIGANTE & ESPÍNDOLA, 2003).

Uma das bacias hidrográficas mais importantes do Brasil em termos de área e diversidade ictiofaunística é a bacia do Paraná-Paraguai-Uruguai. Apesar dessa grande diversidade, com aproximadamente 500 espécies, sua composição não é completamente conhecida; além disso, sua ictiofauna tem sido impactada por uma série de atividades antrópicas deletérias não sustentáveis (MENEZES, 1988).

Em consequência destas intervenções antrópicas que resultaram em rios represados, vários estudos têm sido realizados nesses ambientes a fim de melhor conhecer os efeitos dos impactos sobre a ictiofauna. Como resultados, foram constatadas importantes alterações no sistema hidrológico e em sua biota, incluindo a fragmentação de habitats (BARBOSA *et al.*, 1999). Apesar de menos diversas, mas não mais conhecidas, as populações de peixes da bacia do Alto rio Paraná têm sofrido com a

degradação ambiental em larga escala. Como consequência, corre-se o risco de que a diversidade de peixes dessa bacia nunca seja corretamente estimada, uma vez que boa parte de seus ambientes naturais já não existem mais (MENEZES, 1996).

O objetivo deste trabalho é mostrar a importância de um estudo adequado dos processos de fragmentação de bacias hidrográficas e sua relação genética com as espécies de peixes locais.

## Fragmentação e Diferenciação Genética

As alterações na hidrologia, proporcionadas pelos processos de operação das usinas hidrelétricas, causam instabilidade nas comunidades de peixes de montante a jusante, especialmente durante os primeiros anos após o fechamento do rio, resultando, geralmente, na diminuição de sua diversidade (AGOSTINHO *et al.*, 1999), além de caracterizar o ambiente represado em distintos gradientes longitudinais. A maioria das associações antes existentes na comunidade de peixes passa a ser compartilhada por espécies tolerantes às novas condições ecológicas (RODRIGUEZ-RUIZ, 1998). Como resultados, surgem respostas fisiológicas e morfológicas para acomodar as comunidades ao ambiente, desenvolvendo adaptações anatômicas próprias a esses ambientes (BRAGA, 2004).

As características topográficas com fronteiras geográficas (cachoeiras) e alta declividade são fatores que impedem o movimento de espécies

de área mais baixas para áreas de cabeceiras, formando assim fragmentações naturais (BARRETO E UIEDA, 1998).

Modificações na ictiofauna podem ser causadas pela construção de reservatórios para geração de energia elétrica, seja pela eliminação de barreiras geográficas, modificando o padrão de dispersão de várias espécies de peixes pela sua introdução nas áreas a montante da barragem (AGOSTINHO, JULIO JR. & BORGUETTI, 1992), ou pela formação de novas barreiras. Com a construção da hidrelétrica de Itaipu, o obstáculo representado pelos Saltos de Sete Quedas foi deslocado 150 Km abaixo e mais de 15 espécies do médio e baixo Paraná invadiram o trecho superior, espécies estas que poderiam estar, até então, parcialmente isoladas.

Os impactos dos represamentos sobre a ictiofauna assumem maior importância quando ocorrem sobre faunas endêmicas, muito freqüentes em rios com alta declividade e cachoeiras, que promovem isolamentos biogeográficos (DELARIVA, 2002). Esse é o caso do médio rio Iguaçu e a bacia do Leste onde o endemismo da fauna de peixes é elevado, apresentando alterações nos habitats, promovidas por essa intervenção, levando a riscos de extinção em massa, onde nesse caso, a extinção seria em nível global (AGOSTINHO E GOMES, 1997).

Os estudos de genética de populações procuram entender como as variações na taxa de sobrevivência, reprodução e crescimento contribuem para as alterações nas freqüências gênicas e genotípicas das populações e se estas alterações conferem maior valor adaptativo as espécies. Fatores como reprodução, migração, deriva genética e seleção natural são de extrema importância para o processo de adaptação a circunstâncias ecológicas particulares (KIRPICHNIKOV, 1992). Uma grande variação genética permite que possa ocorrer sucesso de implementação de programas de seleção (RYE E REFSTIE, 2000). A variabilidade genética é o requisito inicial para aplicação da seleção e, portanto, o conhecimento desta nas populações é o primeiro passo para um programa de melhoramento (ASTOLPHI, 2003).

Populações naturais de peixes, estando isoladas em função da existência de acidentes geográficos, acumulam polimorfismo e divergências genéticas proporcionais à intensidade e ao tempo de isolamento. O grau em que uma população pode ser delimitada de outra depende do nível de fluxo gênico entre elas e alterações nesse fluxo gênico podem ser ocasionadas por alterações nas barreiras naturais (FUTUYMA, 1997).

As alterações na composição dos recursos aquáticos e a extinção localizada de alguns elementos da ictiofauna são fenômenos inerentes a qualquer represamento. Sua mitigação e ações de manejo implementadas para a instalação ou restauração de uma pesca produtiva e sustentável tem sido pouco eficiente e, em alguns casos, potencialmente geradora de novos impactos. Em reservatórios hidrelétricos, onde os impactos negativos sobre a diversidade biológica são decorrências inevitáveis de sua formação, o manejo por uma questão ética deve ter compromissos não só com o incremento da produção pesqueira, mas também com a recomposição e manutenção da diversidade (AGOSTINHO, 1994).

#### Técnicas moleculares para análise genética

Os estudos moleculares acerca das variações genéticas nas diversas espécies tiveram início com o desenvolvimento da eletroforese, nos anos 50, quando poucas marcas uni-locus foram descobertas (PARKER *et al.*, 1998). A principal base da eletroforese está na migração diferenciada de moléculas com cargas diferentes quando submetidas a um campo elétrico. As pesquisas nesse campo fundamentam-se nas múltiplas formas moleculares (alélicas) da mesma enzima (isozimas) que ocorrem em uma espécie e que desempenham, portanto, a mesma atividade catalítica, mas que podem ter diferentes propriedades cinéticas (FERREIRA & GRATTAPAGLIA, 1995). Com isso, pode-se inferir que as diferenças apresentadas entre as isozimas são resultados de diferenças ao nível das seqüências de DNA que as codificam.

As isozimas têm sido usadas em pesquisas de biologia evolutiva principalmente através do estudo detalhado de um loco e as suas variantes alélicas (alozimas) e a utilização de muitos locos para estudos populacionais, lembrando, entretanto, que mutações no material genético nem sempre levam a alterações na estrutura protéica e nem toda alteração na seqüência de aminoácidos provoca diferenças na mobilidade eletroforética (SOLFERRINI & SCHEEPMARKER, 2001).

Com o avanço da genética molecular, nas últimas décadas, técnicas utilizando marcadores de DNA foram desenvolvidas permitindo, entre outros aspectos, calcular as distâncias genéticas entre populações e espécies e a heterozigosidade em *demes* específicos. Estes recursos também começaram a ser utilizados no estudo da variabilidade genética em peixes, especialmente em relação a aspectos evolutivos e sua relação com a biogeografia, assim chamada filogeografia

(SIVASUNDAR *et al.*, 2001). Inferências sobre fluxo gênico e variabilidade genética em populações naturais podem ser feitas através de diversas técnicas disponíveis para detecção de polimorfismos, inclusive ao nível de seqüência de DNA, principalmente após o desenvolvimento da tecnologia da reação de polimerase em cadeia (PCR- Polymerase Chain Reaction) e de técnicas dela derivadas como o RAPD (Random Amplified polymorphic DNA). Essa técnica utiliza um primer único e curto com cerca de 10 a 11 bases para dirigir a reação de amplificação de vários segmentos de DNA simultaneamente, em diversos pontos do genoma. O número de locos obtidos por essa metodologia é ilimitado, uma vez que diversos primers podem ser utilizados e as seqüências internas desses fragmentos vão desde seqüências de cópia única até altamente repetitivas, o que dá um aumento da variação genética, amplificando ao acaso em múltiplas regiões do genoma (DINESH *et al.*, 1993).

Também pode ser utilizada, a técnica SPAR (Single primer Amplification Reaction). A técnica SPAR utiliza primers que se ligam as regiões microssatélites do DNA, amplificando a região que se encontra entre os blocos de microssatélites (GRUPTA *et al.*, 1994). Tanto o RAPD quanto a SPAR, são variações da PCR.

Hatanaka e Galetti Jr. (2003) avaliaram a similaridade em três populações de *Prochilodus marginatus*, em três regiões do rio São Francisco, encontraram considerável discrepância genética de uma região em relação as outras. Alterações no pool gênico das populações podem ser irreversíveis e culminam, em longo prazo, com a extinção das populações locais e formação de uma nova população híbrida na região (OLIVEIRA *et al.*, 2002). Desta maneira, estudos populacional com técnicas RAPD é de grande importância, permitindo distinguir populações da mesma espécie de peixe (BARMAN *et al.*, 2003) e de graus geneticamente diferentes que, embora muitas vezes apresentem características fenotípicas semelhantes, pertencem a grupos geneticamente diferentes e, portanto, tratam-se de espécies diferentes (ALMEIDA E SODRÉ 2002).

Aspectos da conservação genética têm sido mais extensivamente estudados, permitindo analisar a estrutura de comunidades, sua ecologia evolutiva e, desta forma, fornecer subsídios para recomendar o manejo, e conseqüentemente, manter a variabilidade genética.

## Conclusão

Através de informações e estudos adequados, as fragmentações de ambientes naturais podem ser utilizadas para pesquisas evolutivas, conservacionistas assim como descoberta de novas espécies. Com a formação dos fragmentos, seja na construção de usinas hidrelétricas ou por barreiras naturais, o isolamento reprodutivo é inevitável, podendo ocasionar diferenciações adaptativas e genéticas entre as populações locais.

## 5- Referências

- AGOSTINHO, A.A. Pesquisas, monitoramento e manejo da fauna aquática em empreendimentos hidrelétricos. In: COMASE, seminário sobre fauna aquática e o setor elétrico brasileiro – reuniões temáticas preparatórias – caderno 1 – fundamentos, 1994.
- AGOSTINHO, A.A. *et al.* Patterns of colonization in neotropical reservoirs, and prognoses on aging. In: TUNDISI, J.G.; STRASKRABA, M. (Ed.). *Theoretical reservoir ecology and its applications*. São Carlos: International Institute of Ecology-IEE; Leiden: **Backhuys Publishers**, cap.11, p. 227-265, 1999.
- AGOSTINHO, A.A.; GOMES, L.C. *Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo*. Maringá: Eduem, 1997.
- AGOSTINHO, A.A., H.F. JULIO JR.; J.R. BORGUETTI. Considerações sobre os impactos dos represamentos na ictiofauna e medidas para sua atenuação. Um estudo de caso: reservatório de Itaipu. **Revista UNIMAR** 14: 89-107, 1992.
- ALMEIDA, F.S. e SODRÉ, L.M.K. Comparative study by RAPD analysis of six species of the pimelodidae family (Osteichthyes, suluriformes) from the Tibagi River, state of Paraná, Brazil. **Acta Scientiarum**, Maringá, v.24, n.2, p.513-517, 2002.
- ASTOLPHI, J.L.L. Avaliação da diversidade genética entre a geração parental e sua progênie selecionada de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) da linhagem chitralada com uso do marcador de RAPD. 2003. Dissertação (Mestrado em Produção Animal – Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, 2003.
- BARBOSA, F.A.R. *et. al.* The cascading reservoir continuum concept (CRCC) and its application to the reservoir Tietê-basin, São Paulo

- State, Brazil. In: TUNDISI, J.G.; STRASKRABA, M. (Ed.). *Theoretical reservoir ecology and its applications*. São Carlos: **Internacional Institute of Ecology-IEE**; Leiden: Backhuys Publishers, p. 425-437, 1999.
- BARMAN, H.K. *et al.* Genetic variation between four species of Indian major carps as revealed by Random Amplified Polymorphic DNA assay. **Aquaculture**, Amsterdam. v.217, p.115-123, 2003.
  - BARRETO, M.G.; UIEDA, V.S. Influence of the abiotic factors on the ichthyofauna composition in different orders stretches of Capivara River, São Paulo State, Brazil. **Verh. Int. Verein. Limnol.**, Stuttgart, v.26, p. 2180-2183, 1998.
  - BRAGA, F. M. S. Hábitat, distribuição e aspectos adaptativos de peixes da microbacia do Ribeirão Grande, Estado de São Paulo, Brasil. **Acta Scientiarum** 26:31-36, 2004
  - BRIGANTE, J. & ESPÍNDOLA, E. L. G. *Limnologia Fluvial: Um Estudo no Rio Mogi-Guaçu*. São Carlos: Editora RiMa, 278p., 2003.
  - DELARIVA, R.L. Ecologia trófica da ictiofauna do rio Iguaçu, PR. e efeitos decorrentes do represamento de Salto Caxias. 2002. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Maringá, 2002.
  - DINESH, K.R. *et al.* RAPD analysis: A n Efficient of DNA Fingerprinting in Fisher. **Zoological Science**, [S.L.], v.10, p.849-854, 1993.
  - FERREIRA, M.E.; GRATTAPAGLIA, D. Introdução ao uso de marcadores moleculares em análise genética. Brasília: EMBRAPA-CENARGEN, 220 p. (EMBRAPA-CENARGEN. Documento 20), 1998.
  - FUTUYMA, D.J.. **Biologia Evolutiva**. 2<sup>o</sup>ed. Sociedade Brasileira de Genética de Ribeirão Preto, SP, 1997
  - GUPTA, M.; CHYI, Y.S.; ROMERO-SEVERSON, J.U.; OWEN, J.L. Amplification of DNA markers from evolutionarily diverse genomes using single primer of simple-sequence repeats. **Theor. Appl. Genet.** 89:998-1006, 1994.
  - HATANAKA, T.; GALETTI Jr, P.M. RAPD markers indicate occurrence of structured populations in a migratory freshwater fish species. **Genetics and molecular biology**, v.26, p.19-25, 2003.
  - KIRPICHNIKOV, V.S. Adaptive nature of intrapopulation biochemical polymorphism in fish. **J. Fish Biol.** 40:1-16, 1992.
  - MENEZES, N.A. Aquatic life in the Pantanal de Mato Grosso, Brazil, with special reference to fishes, In *Wildlife in the Everglades and Latin American Wetlands* (G.H. Dalrymple, W.F. Loftus, F.S. Bernardino, eds.). **Abstracts of the Proceedings on the 1<sup>o</sup> Everglades National Park Symposium**, 1988.
  - MENEZES, N.A. Methods for assessing freshwater fish diversity. In *Biodiversity in Brazil* (C.E.M. Bicudo & N.A. Menezes, eds.). CNPq, São Paulo, p. 289-295, 1996.
  - OLIVEIRA, A.V.; PRIOLI, A..J.; PRIOLI, S.M.A.P.; PAVANELLI, C.S.; JÚLIO JR, H.P.; PANARARI, R.S. Diversity and genetic distance in populations of *Steindachnerina* in the upper Paraná river floodplain. **Genetica**, v.115, p.259-267, 2002.
  - PARKER, P.G.; SNOW, A.A.; SCHUG, M.D.; BOOTON, G.C.; FUERST, P.A. What molecules can tell us about populations: choosing and using a molecular marker. **Ecology**, Durham, v.79, n.2, p.361-382, 1998.
  - RYE, M.; REFSTIE, T. Genetic improvement in Tilapia: importance and alternative strategies. In: **TILAPIA AQUACULTURE IN THE 21<sup>ST</sup> CENTURY**, 1., 2000, In: *Tilapia Aquaculture in the 21<sup>st</sup> century*, 1., 2000, Rio de Janeiro. **Proceedings**. Rio de Janeiro: Programa da Aquicultura, p.58, 2000.
  - RODRIGUEZ-RUIZ, A. Fish species composition before and after construction of a reservoir on the Guadalate River SW Spain). **Arch. Hydrobiol.**, Stuttgart, v.142, n.3, p.353- 369, 1998.
  - SIVASUNDAR, A.; BERMINGHAM, E.; ORTÍ, G. population structure and biogeography of migratory freshwater fishes (*Prochilodus; Characiformes*) in major South American rivers. **Molecular Ecology**, v. 10, p.407-417, 2001.
  - SOLFERINI, V.N.; SCHEEPMAKER, D.S. Polimorfismos de isozimas. In: MATIOLI, S.R. **Biologia molecular e evolução**. Ribeirão Preto: Holos, p.137-142, 2001.