

# Introdução de peixes em ecossistemas continentais brasileiros: revisão, comentários e sugestões de ações contra o inimigo quase invisível

## Introduction of fishes in Brazilian continental ecosystems: Review, comments and suggestions for actions against the almost invisible enemy

Jean Ricardo Simões Vitule<sup>1</sup>  
biovitule@gmail.com

### Resumo

A introdução de espécies é uma grande ameaça para a conservação da diversidade biológica, e a principal precursora da homogeneização global. Em se tratando de percepção, controle ou erradicação, espécies aquáticas encontram-se entre as mais problemáticas. Neste sentido, os peixes tornam-se graves ameaças, pois são organismos muito disseminados, móveis e de difícil percepção por parte da sociedade. Nas fases iniciais da introdução, peixes não-nativos podem ser considerados ameaças "invisíveis", pois são menos expostos que a maioria dos organismos introduzidos, principalmente os terrestres. Assim, se torna comum que introduções deste grupo sejam percebidas apenas quando já se encontram em estágios avançados e os danos são irreversíveis. Também é imprescindível se compreender que uma espécie de peixe pode ser considerada não-nativa, numa mesma bacia ou sub-bacia hidrográfica. Isto torna a percepção ou detecção de peixes introduzidos ainda mais complexa no Brasil, devido a suas dimensões continentais e riqueza de ambientes. Aspectos culturais e tempo de introdução contribuem para a "invisibilidade" do problema. Mesmo peixes advindos de outros continentes, como as carpas e tilápias, já se encontram incorporados há tanto tempo no país, que são considerados "nativos" por algumas comunidades ribeirinhas e/ou ignorados pela população. No campo científico o tema das introduções ainda é sub-explorado no Brasil, mas as informações sobre problemas estão crescendo. Nem todas as introduções causam problemas, mas muitas causam. Além dos problemas ecológicos de curto prazo, introduções podem estar causando mudanças que só serão percebidas em longo prazo. Em vista da magnitude do problema e da discrepância entre o número de introduções e a busca por suas consequências ou impactos é feita uma revisão sobre o tema com comentários e sugestões de ações prioritárias e urgentes.

**Palavras-chave:** introdução de espécies, ameaças, espécies não nativas, invasões biológicas, biodiversidade, ecossistemas aquáticos.

<sup>1</sup> Laboratório de Fisiologia Comparativa da Osmorregulação (LFCO), Universidade Federal do Paraná (UFPR), Jardim das Américas, Curitiba, PR, CEP 81531-990/ Grupo de Pesquisas em Ictiofauna do Museu de História Natural Capão da Imbuia (GPLC). Rua Prof. Benedito Conceição, 407, 82810-080 Curitiba PR, Brazil.

### Abstract

The introduction of species is a major threat to the conservation of biodiversity, being the main precursor of a prominent global biotic homogenization. In the case of perception,

control or eradication, aquatic species are among the most problematic. In this sense, fish introductions become serious threats because these organisms are very widespread, mobile and of difficult perception and/or detection by the society. In the early stages of introduction, they may be considered “invisible” (e.g. less exposed than the majority of the introduced organisms, especially terrestrial organisms). Thus, it is common fact that introductions of this group of organisms are perceived only when they are already in advanced stages of the invasion process and the damage is irreversible. A species of fish can be considered non-native, even at the level of basins or sub-basins. This makes the perception or detection of introduced fish even more complex in Brazil, due to its continental dimensions and rich continental aquatic environments. Often, the cultural aspects and time of release contribute to the “invisibility” of the problem. Even fish coming from other continents, such as carp, tilapia and trout are incorporated in the country for so long that they are considered “native”. Even in the scientific field the theme is under-explored in Brazil, but information about problems that may arise from biological invasions is building up. Indeed, not all introductions have catastrophic consequences, but many do. However, we can understand older impacts and detect new ones in the near future if we want to do so. In view of the exposed, and given the magnitude of the problem, and disproportion in the search for answers and impacts, a review of the theme with suggestions for actions is presented.

**Key words:** introduction of species, threats, non-native species, biological invasions, biodiversity, aquatic ecosystems.

## Introdução: panorama geral

A crescente introdução de espécies não nativas, de forma acidental ou deliberada, é uma das grandes mudanças globais causadas pelo homem nos últimos séculos, sendo tão ou mais preocupante que o aquecimento global. Ambos são problemas análogos e possuem, como a base de suas causas e soluções, a sociedade humana contemporânea. O crescimento abrupto e incessante das populações humanas, o fenômeno da globalização e o livre comércio intercontinental são alguns dos fatores que vêm incrementando as invasões biológicas pela agricultura, pelo controle biológico, pela água de lastro, pela incrustação, pela aquicultura, entre outras vias. Isto tem causado sérios impactos (muitos, ainda, subestimados) e elevado muito as taxas de introdução de espécies, o que se configura como o fator mais preocupante. Estes fatores podem resultar em uma futura homogeneização biológica global (Rahel, 2000; Olden, 2006), um fenômeno jamais ocorrido no planeta em uma escala tão curta de tempo.

O ser humano introduz espécies há pelo menos 10.000 anos (Perry e Van-

derklein, 1996), e, desde o início da expansão europeia, as introduções deliberadas ou acidentais vêm aumentando em grande escala (Coblentz, 1990). Atualmente, a introdução de espécies é um fato usual e crescente em nossa sociedade. O sistema de manutenção da população humana moderna e contemporânea é baseado em introduções de espécies para agricultura ou aquicultura. Estas fontes são importantes para o abastecimento mundial e para o crescimento econômico, principalmente nos países em desenvolvimento. Ressalta-se que, em grande parte dos casos, as introduções consideram apenas a obtenção de lucro ou o aumento de produtividade em curto prazo, ignorando os prejuízos ambientais, as consequências futuras e a legislação vigente. Há, portanto, necessidade de se planejar e repensar tais atividades, para evitar problemas ambientais e socioeconômicos bem mais profundos num futuro próximo. A introdução de espécies é uma das grandes ameaças à biodiversidade do planeta (Vitousek, 1997; Neville e Murphy, 2001) sendo considerada um dos principais problemas para conservação de peixes de água doce (Cowx, 2002; Cambray, 2003; Collares-Pereira e Cowx, 2004; Gherardi, 2007; Leprieur *et al.*, 2008). Trata-se

de um tema interdisciplinar, novo e complexo, que pode ser relacionado a abordagens biológicas, culturais, econômicas, sociais e filosóficas. Nos alicerces do problema estão questões peculiares da sociedade atual, como o crescimento acelerado (mais que exponencial) da população humana no planeta, o uso irracional dos recursos naturais, as desigualdades socioeconômicas e tecnológicas e o fenômeno da globalização.

Os termos espécie introduzida, espécie exótica, espécie alienígena, espécie não nativa, espécie não indígena e espécie alóctone possuem o mesmo significado biológico e, de acordo com a European Inland Fisheries Advisory Commission (EIFAC), correspondem a “toda e qualquer espécie transportada e solta pelo homem, fora de sua área de distribuição natural, intencional ou acidentalmente” (FAO, 2006). Uma definição mais abrangente para os termos acima enumerados é: “espécie, subespécie ou o menor nível taxonômico identificável, encontrado fora de sua área de distribuição natural (atual ou precedente) e potencial dispersão (i.e., fora da área que ocupa naturalmente ou que poderia ocupar sem introdução ou auxílio direto ou indireto do ser humano), incluindo qualquer parte, gameta ou propágulo da espécie

que possa sobreviver e posteriormente reproduzir com sucesso” (IUCN, 2006). Assim, uma introdução pode ocorrer de um continente para outro, de uma região biogeográfica, e/ou bioma, para outro (dentro de um mesmo país ou estado) e, no caso específico de peixes de água doce, de uma bacia ou sub-bacia hidrográfica para outra. Além disso, caso se considerem aspectos como o isolamento das populações e a integridade de seu patrimônio genético, mesmo os repovoamentos (reintroduções de organismos considerados nativos ou autóctones) devem ser vistos com cautela.

Nesse sentido, é aconselhável que, no Brasil, o termo espécie exótica seja evitado, principalmente em trabalhos de ecologia e de conscientização da comunidade ribeirinha, uma vez que essa expressão apresenta outras conotações na língua portuguesa, como, por exemplo, espécies belas, diferentes, exuberantes. Não se trata apenas de uma questão semântica. Constata-se que a distinção entre espécie alóctone (espécie introduzida de outras bacias dentro do mesmo país e/ou região biogeográfica) e espécie exótica (introduzida de outros continentes e/ou regiões biogeográficas), diferenciação muito utilizada para peixes no Brasil, também deve ser evitada ou banida. Tal forma de distinção entre as espécies é artificial e pode levar ao entendimento de que uma espécie advinda de outro continente ou de outra região biogeográfica seja mais problemática que uma espécie introduzida entre diferentes bacias (sub-bacia, por exemplo, de acordo com o grau de isolamento) de um mesmo continente (e/ou região), o que é ilusório e irreal. É importante, ainda, distinguir as expressões espécie não nativa, de espécie invasora. Conforme a The World Conservation Union, uma espécie introduzida é considerada invasora, quando “se estabelece em um ecossistema ou *habitat* natural ou seminatural, sendo um agente de mudança, ameaçando a diversidade biológica nativa” (IUCN, 2006). Tudo que se expõe acima inte-

gra um conjunto de definições, cuidados e distinções importantes que evitam confusões e problemas de ordem prática ou técnica e promovem a compreensão clara e precisa deste estudo. As taxas de sucesso no estabelecimento de uma espécie introduzida variam bastante, dependendo do grupo e da região onde se dá a introdução (Meffe e Carroll, 1994). No caso específico de peixes de água doce, tais taxas variam de 38 a 77% (Ross, 1991; Casal, 2006; Vitule *et al.*, 2009). Entretanto, tais valores são, em grande parte, subestimados, pois nem todas as introduções são documentadas e, quando o são, isto ocorre de maneira dispersa ou em veículos de baixa circulação (Casal, 2006; Vitule *et al.*, 2009). Mesmo que as taxas de estabelecimento fossem realmente baixas, não se pode ignorar que a intensificação da troca de mercadorias e o desenvolvimento dos conhecimentos científicos, culturais e tecnológicos entre os países (a revolução industrial, as melhorias nos meios de transporte e a globalização, por exemplo) têm gerado um crescimento eminente no número absoluto de espécies introduzidas. Esse fato leva a um aumento no número de estabelecimentos e, conseqüentemente, de espécies invasoras (Vitousek, 1997; Neville e Murphy, 2001; Cambray, 2003; Olden, 2006; Vitule *et al.*, 2006a,b; Vitule, 2008).

Em ambientes aquáticos, espécies introduzidas, em particular os peixes, podem causar alterações no *habitat* (revolvimento do fundo, alterações de transparência, entre outras) e na estrutura da comunidade, hibridização, perda do patrimônio genético original, alterações tróficas e introdução de doenças e parasitas (Taylor *et al.*, 1984). Tais modificações podem culminar na extinção de espécies nativas e na perda da biodiversidade (Fuller *et al.*, 1999; Cambray, 2003) ou homogeneização da biota (Rahel, 2000; 2002; Olden, 2006). Nesse contexto, o processo de homogeneização é um tanto quanto complexo, visto que envolve, de forma sinérgica e integrativa, uma série

de problemas da crise na biodiversidade, tais como introduções, bioinvasões, perda ou alterações de *habitat* e extirpação de espécies (Rahel, 2000, 2002; Olden, 2006; Leprieur *et al.*, 2008). Ressalta-se que, em geral, este é um fenômeno subestimado (Scott e Helfman, 2001; Rahel, 2002). Devem ser considerados, ainda, os fatores socioeconômicos. Nos Estados Unidos (EUA), os prejuízos causados por espécies invasoras contabilizam cerca de 120 bilhões de dólares por ano (Pimentel *et al.*, 2005). Os altos custos também têm sido marcantes, no que se refere às tentativas de controle de espécies introduzidas de peixes. Por exemplo, os EUA já gastaram mais de dois milhões de dólares para a construção de uma barreira elétrica, visando impedir a expansão da dispersão de carpas asiáticas nos Grandes Lagos (Stokstad, 2003).

Na prática, a introdução de espécies tem sido uma questão de distorção ou de desvios em relação aos custos/benefícios (os quais deveriam ser mais bem ponderados), a partir de decisões tomadas em vista de interesses econômicos ou culturais. Este fato tem criado, inevitavelmente, um conflito entre diversos setores da sociedade e tem causado danos ambientais. Os custos e benefícios individuais incluem perdas e ganhos percebidos pelo usuário imediato ou primário do ambiente: fazendeiros, aquicultores, industriais, comerciantes, pescadores, consumidores. Os custos e benefícios globais ou sociais incluem as perdas e ganhos da sociedade como um todo. Alguns casos clássicos são apresentados em Vitule *et al.* (2006b, 2008): por exemplo, a introdução de peixes esportivos, como as trutas e salmões, é bem vista por pescadores nas montanhas de Serra Nevada, nos EUA (e também no Brasil, conforme se explica mais adiante), apesar de tais peixes, comprovadamente, exercerem impactos negativos sobre as populações de anfíbios e invertebrados da região. Quanto aos impactos, duas importantes e pouco exploradas questões me-

recem ser levantadas: quais serão os impactos ecossistêmicos futuros neste e em outros casos e quem está, de fato, buscando avaliá-los?

Outro exemplo clássico, que demonstra claramente como as informações referentes aos custos e benefícios podem ser distorcidas ou mitigadas, pode ser observado na discussão entre Gozlan (2008) e Vitule *et al.* (2009), com alusão aos custos/benefícios da introdução da perca-do-Nilo, *Lates niloticus* L. 1758, na África. Estes e muitos exemplos análogos podem ser encontrados em Simberloff (2003a,b), Ricciardi e Simberloff (2009) e Vitule *et al.* (2009), por exemplo, e em referências contidas nestes trabalhos. Estes estudos demonstram como muitos impactos causados por espécies introduzidas, apesar de indiretos e de difícil detecção, podem ser graves, onerosos e irreversíveis. Assim, é difícil prever ou mensurar os custos e benefícios de uma introdução, já que, por exemplo, os valores econômicos e culturais de uma espécie introduzida por um grupo com interesses comuns podem mudar com o passar do tempo (McNeelly, 2001; Scott e Helfman, 2001; Vitule *et al.*, 2009; e demais referências contidas nestes estudos). Além disso, os interesses sociais e individuais frequentemente não coincidem, ou seja, o que é bom para o indivíduo (ou grupos minoritários) pode impor custos à sociedade (presente e futura) e ao planeta. Ao lado disso, é imprescindível que seja considerado o fato de que: “o que é bom para a sociedade e para o mundo como um todo, também é bom para o indivíduo” (Dixon e Sherman, 1990). Dessa forma, as percepções demonstradas perante a sociedade, assim como o controle ou a erradicação das espécies invasoras aquáticas, são problemas de ordem interdisciplinar, urgentes, complexos e graves. Os peixes introduzidos são ameaças relevantes, pois esses animais são organismos chave em inúmeras interações ecológicas, muito especiosos, apreciados pelos humanos (por uma série de fatores culturais, ou não), amplamente

disseminados, com grande mobilidade (natural ou pela ajuda do homem) e altamente adaptados ao meio. Algumas dessas características tornam esses organismos de difícil percepção para a maioria das pessoas ou de percepção parcial por parte da comunidade.

Notoriamente, nas fases iniciais da introdução, os peixes podem ser considerados ameaças invisíveis, por serem menos expostos e perceptíveis que a maioria dos organismos introduzidos, principalmente quando comparados aos vertebrados terrestres e plantas. Assim, torna-se comum o fato de as introduções deste grupo serem pouco visíveis e raras vezes discutidas na sociedade brasileira, até mesmo entre os pesquisadores e os conservacionistas. Devido a essas características, introduções de peixes são reconhecidas somente quando já se encontram em estágios avançados, ou quando os danos causados são grandes e irreversíveis. Em alguns casos, introduções irregulares de peixes nem mesmo são consideradas ameaças devido à ausência de estudos e à falta de divulgação de conhecimentos básicos sobre seus potenciais impactos, ou mesmo pela falta de fiscalização (Casal, 2006; Vitule *et al.*, 2009). Casos como esses são exemplificados mais adiante neste trabalho.

No Brasil, as informações sobre problemas causados por invasões biológicas estão crescendo, mas ainda são poucas e dispersas, em relação à amplitude do problema. Por isso, a compilação de dados, o entendimento dos impactos antigos e a descoberta de novos impactos são vitais para a abordagem do problema. Nesse sentido, é crucial lembrar que, além dos problemas ecológicos de curto prazo, as introduções de peixes não nativos podem atuar em diferentes níveis ou dimensões ecológicas (desde o indivíduo até o ecossistema ou “Biosfera = Homogeneização Biológica Global”, *sensu* McKinney e Lockwood, 1999; Rahel, 2000, 2002; Olden, 2006). Além disso, podem causar mudanças que só serão percebidas em longo

prazo (por exemplo, em tempo evolutivo). Em vista do exposto e com base nessas informações iniciais, o presente artigo tem por objetivos prover uma revisão atual e geral sobre o tema da introdução de peixes de águas continentais no Brasil, para comentar e sugerir ações consideradas prioritárias e urgentes.

## **Introdução de peixes de água doce no Brasil: causas, consequências e precauções**

A aquicultura é, mundialmente, uma importante fonte de produção de proteína na área da nutrição; na área econômica, é fonte de renda e a principal responsável pela introdução de peixes, principalmente em países em desenvolvimento (Casal, 2006). Segundo o FISHBASE (<http://www.fishbase.org>; Froese e Pauly, 2007), existem 3.072 registros de introduções de peixes entre países, e destes, 2.904 são de espécies de água doce, em sua maioria (>40%) realizadas por aquicultura (Casal, 2006; Froese e Pauly, 2007; Vitule *et al.*, 2009). No que tange a introduções de peixes em ecossistemas aquáticos continentais brasileiros, a piscicultura também é, de longe, a principal atividade contaminadora e dispersora (Orsi e Agostinho, 1999; Vitule *et al.*, 2006a,b; Agostinho *et al.*, 2007; Vitule *et al.*, 2009). Ainda se pode ressaltar que a introdução de peixes pela aquicultura, no Brasil, é algo paradoxal: embora o país seja uma das regiões ictiofaunísticas com maior diversidade do planeta, com várias áreas prioritárias para a conservação e altas taxas de endemismo (Abell *et al.*, 2008), toda a base de produção é fundamentada em pacotes tecnológicos estrangeiros prontos e com poucas espécies introduzidas de outros países ou continentes (Vitule *et al.*, 2009). Assim, atualmente, cerca de 90% da produção nacional tem base em espécies providas de outros países ou continentes, o que torna o Brasil, proporcionalmente, o maior



produtor mundial de espécies introduzidas (Casal, 2006). Isto tem ocorrido de forma crescente e indiscriminada e com incentivos do Estado, sem que os impactos potenciais sejam considerados, como destacam Agostinho e Julio Jr. (1996), Vitule *et al.* (2006a,b), Agostinho *et al.* (2007), Vitule (2008), Vitule *et al.* (2009). Além disso, com o advento nacional dos pesque-pagues (estabelecimentos constituídos de tanques com peixes introduzidos, que, na grande maioria dos casos, exploram comercialmente a pesca amadora), ocorreu um avanço indiscriminado na construção de tanques ilegais, sem nenhum tipo de aparato de contenção e muito próximos aos leitos de rios, espalhados ao longo de grandes áreas geográficas. Este fator, conforme Vitule *et al.* (2006b), facilita a dispersão das espécies e dificulta o controle e a fiscalização dos focos de contaminação.

Outra importante característica das introduções de peixes no Brasil reside no fato de que estas são bastante antigas e, talvez por isso, sejam tão comuns e culturalmente arraigadas. As primeiras introduções no país datam de 1882, quando a carpa comum *Cyprinus carpio* L. 1758 foi introduzida pela Comissão de Pesca dos Estados Unidos, por razões desconhecidas (Bizerril e Primo, 2001). Existem também registros oficiais de lotes introduzidos em 1898, para fins de aquicultura comercial (Welcome, 1988). Este longo período de convivência, certamente, é uma das muitas características que torna a percepção ou detecção de peixes introduzidos no Brasil ainda mais difícil, pois o tempo de introdução contribui muito para sua invisibilidade perante a sociedade brasileira. Muitos peixes advindos de outros continentes, como carpas (*Ctenopharigodon idella* Valenciennes, 1844 e *C. carpio*), tilápias (*Oreochromis niloticus* L. 1758 e *Tilapia* spp.), blackbasses [*Micropterus salmoides* (Lacépède, 1802)] e trutas (*Oncorhynchus* spp.) já se encontram tão incorporados a algumas bacias hi-

drográficas do país, que são considerados nativos por comunidades ribeirinhas e pelo público leigo. De modo geral, parece existir uma banalização das introduções deliberadas de peixes no Brasil, e isso reforça a argumentação sobre sua invisibilidade. Mesmo trabalhos científicos sobre ecologia de peixes podem ignorar, subestimar, ou deixar de dar o devido destaque a valores consideráveis de ocorrência, constância e dominância de espécies não nativas capturadas em ambiente naturais ameaçados ou desafiadores (e.g., Medeiros e Maltchik, 2001). O baixo interesse dos brasileiros em geral e as dificuldades de visualizar os problemas referentes a espécies introduzidas (e a linha de pesquisa promissora referente ao tema, no caso dos pesquisadores) também podem ser constatados pelo baixo número de artigos publicados em periódicos especializados sobre o tema. Um exemplo disto é o periódico *Biological Invasions*, o que também evidencia a citada invisibilidade. Em uma pesquisa rápida neste periódico, constatou-se que trabalhos sobre peixes de águas interiores no Brasil representam menos de 1% do total dos artigos publicados entre 1999 e 2008. Em uma revisão mais abrangente e detalhada sobre as publicações, Gherardi (2007) destaca a baixa produção científica da América do Sul (para organismos de águas interiores, em geral) e uma predominância de trabalhos norte-americanos. Em relação aos peixes, em específico, a situação se agrava, pois existe um predomínio de trabalhos sobre salmonídeos na região dos Grandes Lagos. Assim, vale a pena enfatizar a importância de sempre se destacar a presença de espécies não nativas em ambientes naturais ou seminaturais, pois um simples relato ou publicação específica de ocorrência, ou seu destaque em uma publicação não específica sobre o tema, podem auxiliar trabalhos de revisão ou de controle e monitoramento. Portanto, uma vez que as introduções de peixes não nativos são reflexos das ações humanas sobre

os ambientes e que isso pode acarretar sérios problemas ecológicos e sociais, é necessário que sua relevância e visibilidade sejam reforçadas. Para ganhar o apoio público na luta pela conservação da biodiversidade de peixes de água doce e no combate e prevenção às espécies não nativas, a mensagem deve ser clara, detalhada e educativa (Gozlan, 2008). Neste contexto, cabe destacar o trabalho recente de Pelicice e Agostinho (2009), que demonstra claramente como muito do que falta em nosso país é uma busca adequada pelo impacto. Neste trabalho, os autores mostram, por meio de uma primorosa e inovadora metodologia, como o tucunaré *Cichla kelberi* (Kullander e Ferreira, 2006) pode causar severos impactos à ictiofauna nativa. Além disso, os autores avigoram a importância de mais esforços, no sentido de detectar e monitorar impactos de introduções, principalmente em áreas prioritárias (como na bacia do rio Iguaçu – um *hotspot*, segundo Abell *et al.*, 2008) e em seus estágios iniciais (Pelicice e Agostinho, 2009). Todos os fatos apresentados levam, em parte, a dois questionamentos: quem tem buscado avaliar cientificamente os impactos das espécies introduzidas e, quando isto é feito, os resultados são valorizados pelas autoridades e divulgados de forma clara para público em geral?

A grande quantidade de ambientes com peixes introduzidos no Brasil pode ser evidenciada se for notado que, em ambientes aquáticos próximos às regiões mais populosas do país, (notoriamente: regiões Sul e Sudeste) existem espécies introduzidas, e, em muitos casos, estas são mais comuns que as espécies nativas antes ali presentes (isso se verifica nos trabalhos de Vitule *et al.*, 2006b; Alves *et al.*, 2007; Vitule, 2008; Magalhães e Jacobi, 2008; e em referências contidas nesses estudos). Essa constatação é, em parte, confirmada em um trabalho amplo para reservatórios de hidrelétricas nacionais (Agostinho *et al.*, 2007). Apesar disso, ainda não existem dados adequados (suficien-

tes, integrados, gerais, amplos e concretos) sobre a demografia de peixes introduzidos no Brasil e sequer sobre as espécies cultivadas ou introduzidas em ambientes naturais (tal fato pode ser atribuído à ilegalidade de muitas introduções). Esta não é uma situação exclusiva do Brasil, visto que as bases de dados, em geral, são ainda bastante incompletas e subestimadas (Casal, 2006; Vitule *et al.*, 2009).

Embora escassos e restritos, os trabalhos disponíveis no Brasil confirmam o aumento no número de espécies de peixes introduzidos em água doce. Como exemplos, têm-se: (i) o número de 13 espécies que foram registradas para bacia do rio Paraná, em 1996 (Agostinho e Julio Jr., 1996), passou para 74 espécies, apenas para a região do alto Paraná, em 2007 (Langeani *et al.*, 2007); e (ii) também houve um aumento de 59 espécies registradas em 2005, para 78, em 2007, no Estado de Minas Gerais (Magalhães *et al.*, 2005; Magalhães e Jacobi, 2008). Tais aumentos podem ser ocasionados por um crescimento real nas taxas de introduções, uma maior precisão no tratamento do tema, ou, mais provavelmente, pela conjunção entre os dois fatores. Mesmo assim, ainda é provável que tais números estejam todos subestimados e tendam a aumentar, uma vez que o país continua a expandir sua produção aquícola fundamentada em espécies introduzidas, atualmente com incentivos a produção em tanques-rede. Esse assunto só agora começa ser discutido de forma séria no país, e há tendências bastante favoráveis a investimentos em pesquisa sobre o tema, o que aumentará o número de trabalhos e pesquisadores interessados em espécies de peixes introduzidos (Vitule *et al.*, 2006b; Vitule, 2008; Vitule *et al.*, 2009).

Além das introduções via piscicultura, existem os chamados programas de repovoamento ou peixamento (soltura de peixes, na maioria das vezes, de espécies não nativas), praticados em ambientes naturais que sofreram ou sofrem severa ação antrópica (estuá-

rios, lagos, rios e reservatórios). Estes, em geral, fracassam, pois são mal elaborados e utilizam premissas equivocadas como nichos vagos ou chavões conservacionistas, populistas e eleitoreiras, sem embasamento teórico, empírico ou científico. Assim, apesar de enormes esforços, em diversos tipos de ambientes, com variadas técnicas e espécies, não é possível apresentar exemplos que de fato sejam bem sucedidos e não causem alteração ambiental (Vitule *et al.*, 2006b). Visto isto, a estocagem, como vem sendo conduzida, principalmente pela falta de planejamento, metas e objetivos concretos, não é recomendada (Agostinho *et al.*, 2007). Apesar dos alertas, há algum tempo, a estocagem continua sendo responsável por inúmeras introduções e problemas em nosso país (Vieira e Pompeu, 2001; Vitule *et al.*, 2006b), principalmente em reservatórios (Vitule *et al.*, 2006b; Agostinho *et al.*, 2007). Essas estocagens ou peixamentos em rios, lagoas, lagos e represas têm contado com o apoio de instituições governamentais e de ensino e pesquisa. Exemplos dessas instituições são: o Departamento Nacional de Obras Contra a Seca (DNOCS), que introduziu o tucunaré *Cichla ocellaris* (Bloch e Schneider 1801), em açudes da região Nordeste; a Companhia Energética do Estado de São Paulo (CESP), que introduziu a pescada-do-Piauí *Plagioscion squamosissimus* (Heckel, 1840), em seus reservatórios (Magalhães *et al.*, 2005); a Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) que, em convênio com a Empresa Brasileira de Aeronáutica (EMBRAER), efetuou introduções de peixes exóticos, com auxílio de aviões tanque, no Rio Paraíba do Sul, visando subsidiar “programas de restituição de fauna de peixes” (Bizerril e Primo, 2001). Agostinho *et al.* (2007) também destacam a participação, nessas ações, de agências oficiais ligadas ao governo, como, por exemplo, a Superintendência para o Desenvolvimento da Pesca (SUDEPE). Os autores descrevem de forma detalhada o papel

das espécies introduzidas em 77 dos grandes reservatórios nacionais, destacando as ocorrências e os impactos potenciais.

A pesca, mais especificamente, a amadora, ou a cultura da pesca esportiva, mesmo que positivas em alguns aspectos (como o pesque-solte de espécies realmente nativas, turismo e economia), têm incentivado, por meio de revistas, páginas na internet e programas de televisão, a introdução direta e a manutenção (isto quer dizer reintroduções de espécies não nativas, pelo pesque-solte) de espécies predadoras e impactantes como o *blackbass* *M. salmoides*, o tucunaré *Cichla* spp. e as trutas *Oncorhynchus* spp., em corpos de água nacionais. Não é raro ocorrer uma inversão de valores: os pescadores esportivos soltam as espécies introduzidas (reintrodução ou manutenção de não nativas) e abatem as espécies nativas (observações pessoais do autor). Além disso, a pesca também apresenta riscos de contaminações, pela soltura de iscas vivas.

Em vista disso, os pescadores, que muito poderiam contribuir para o controle de espécies introduzidas, retraindo-as ou sacrificando-as, negam-se a fazê-lo. Esse fato se evidencia em inúmeros *sites* e associações de pescadores esportivos como, por exemplo, no Pescarte (2004), ou em outros *sites* e programas de pesca da TV brasileira, que pregam a chamada pesca ecológica ou pesque-solte de espécies não nativas predadoras e com alto potencial invasor como tucunaré e *blackbass*. De forma marcante e categórica, a esportividade de uma espécie de peixe pode ser considerada uma característica muito importante a ser compreendida na busca de respostas efetivas no controle de estocagens ilegais e subsequentes invasões. Um exemplo claro e muito problemático é o da soltura de trutas *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792), na região das Serras Gaúchas (na divisa entre os estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul), para a prática de *flyfishing* ou pesca com mosca. Inexplicavelmente, este

é um projeto do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), órgão que deveria impedir solturas e problemas ambientais e, o pior, com apoio do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD Brasil (O Eco, 2009; PNUD, 2009). Este é um fato grave, uma vez que *O. mykiss* consta oficialmente na *The Global Invasive Species Database* (GISD, 2009) como uma das cem piores “espécies alienígenas” e é considerada como “peste” em potencial (Froese e Pauly, 2007), por ser historicamente causadora de desastres ambientais; é também um exemplo clássico de espécie cosmopolita “vencedora” (McKinney e Lockwood, 1999) no processo eminente de homogeneização da biota global. Percebe-se novamente uma distorção completa nas relações de custos/benefícios e um descaso total por parte das autoridades com relação à biodiversidade natural. Há casos análogos que já vêm ocorrendo em vários riachos e em diversos estados do Brasil (para maiores detalhes, ler Magalhães *et al.*, 2002). Ainda com relação às solturas deliberadas e ilegais, é muito fácil, mediante uma simples busca na internet, verificar que a soltura (direta e ilegal) de grandes quantidades de peixes é feita com frequência e, inclusive, documentada com fotos do evento de ecovandalismo (por exemplo, Pesca com Mosca, 2009). Muitos casos dessas introduções ainda ocorrem devido à ignorância ou falta de informação, por isso é urgente enfatizar o poderoso papel dos meios eletrônicos na dinâmica atual de introduções deliberadas e ilegais. Diversos problemas associados à introdução ilegal de animais remetem à World Wide Web (WWW): virtualmente, é possível encontrar *sites* ou *blogs* que comercializam peixes não nativos (alevinos ou adultos). Tais mecanismos virtuais deletérios devem ser procurados, controlados, caçados e restringidos do mesmo modo como se faz com a pornografia infantil ou outros *sites* ilegais. Infelizmente, no

Brasil, o controle e a regulação destes e de outros problemas referentes às introduções de peixes (e outros organismos), na prática, são inexistentes ou ineficientes (Alves *et al.*, 2007; Vitule *et al.*, 2009; e referências contidas nestes estudos).

O papel da aquariofilia ou cultivo de peixes ornamentais na introdução de espécies de água doce, no Brasil, ainda é menor, quando comparado ao de outras formas de piscicultura, em termos de números e locais de cultivo, mas não em número de espécies introduzidas. Assim, o aquariofilismo em geral e o cultivo de peixes ornamentais também devem ser considerados como graves problemas, pois existem grandes centros de cultivo de peixes ornamentais não nativos e incontáveis centros de comercialização, legais ou ilegais (estes são fontes contaminadoras e dispersoras em potencial), em geral sem nenhum tipo de controle ou restrição. Além disso, são vastos os registros de introduções e estabelecimentos com sérios impactos reais e potenciais, no mundo e no Brasil (para maiores detalhes, consultar Andrews, 1990; Magalhães e Jacobi, 2008; e referências contidas nesses estudos). Igualmente se deve considerar que, em outros países, como os Estados Unidos, muitas das atuais invasoras foram introduzidas por meio da aquariofilia, inclusive vindas do Brasil (Welcomme, 1988; Fuller *et al.*, 1999), ou seja, o Brasil também é uma fonte dispersora de espécies não nativas e problemáticas para outras regiões biogeográficas (Fuller *et al.*, 1999 e referências deste estudo). Isso reforça a ideia de que este é um problema global. Some-se a isso o fato de que, quanto às introduções por meio de aquariofilia no Brasil, dados importantes ainda são subestimados, subutilizados e publicados em periódicos de baixo impacto ou de circulação restrita. Um exemplo disso remete aos indivíduos de *dojô Misgurnus anguillicaudatus* (Cantor, 1842), que foram registrados para a bacia do rio Iguaçu, a qual se destaca pelo alto grau de endemismo

(Ingenito *et al.*, 2004). Atualmente, tal espécie (considerada problemática em diversos países, segundo Froese e Pauly, 2007) continua a ser registrada em trechos afastados ao longo do alto e médio Iguaçu (observação pessoal). A despeito da grande importância desta bacia em termos de conservação (conforme já destacado anteriormente e comprovado por Abell *et al.*, 2008) e do histórico de problemas com a espécie em outros países, até o momento, nada se sabe ou se tem buscado saber sobre suas interações com a biota local. Novamente, demonstra-se a invisibilidade do problema e a restrita procura pelas causas da introdução e dos consequentes impactos potenciais para a fauna e flora nativas.

Alguns peixes de água doce introduzidos em território nacional merecem destaque, por terem sido apontadas como agentes de impacto não somente em populações nativas no Brasil, mas também em outras regiões do mundo: *Cichla* spp., *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822), *C. idella*, *C. carpio*, *Hypophthalmichthys molitrix* (Valenciennes, 1844), *Ictalurus punctatus* (Rafinesque, 1818), *M. salmoides*, *O. niloticus*, *O. mykiss* e *Tilapia* spp. Tais peixes alcançam esse destaque por seus impactos negativos referentes à competição ou predação, introdução de patógenos e parasitas, ou por atuarem como catalisadores do processo de modificação ambiental (Welcomme, 1988; Townsend e Winterbourn, 1992; Alves *et al.*, 1999, 2007; Bizerril, 1999; Fuller *et al.*, 1999; Medeiros e Maltchik, 1999; Bizerril e Primo, 2001; Pompeu e Godinho, 2001; Vieira e Pompeu 2001; Pompeu e Alves, 2003; Garcia *et al.*, 2004; Latini e Petrere, 2004; Magalhães *et al.*, 2005; Cambray, 2005; Vitule *et al.*, 2006a,b, 2009; Agostinho *et al.*, 2007; Vitule, 2008 e referências contidas nesses estudos). Tais espécies são peixes de porte mediano a grande e amplamente difundidos em todo o território nacional para fins de piscicultura, pesca amadora ou esportiva, controle biológico ou repovoamento. A maioria das espécies destacadas é cosmopolita

(ou possui potencial para isso) e com históricos de colonização recente, ou seja, são espécies “vencedoras” no contexto proposto por McKinney e Lockood (1999) de homogeneização biótica.

Entre os grandes problemas para o combate às introduções de peixes de água doce no país estão a falta de fiscalização, o cumprimento ou a adequação da legislação brasileira e de dados precisos e integrados sobre a real distribuição geográfica de espécies da região neotropical (o que pode resultar em distorções nas listas de espécies introduzidas). Em alguns casos, a carência de informações e listagens fidedignas sobre as assembleias nativas, somada à ausência de acompanhamentos sistemáticos de eventos relacionados à transposição de indivíduos entre populações isoladas, são fatores que contribuem para que este processo de transposição de genótipos distintos ou introduções intrarregionais não seja raro (Bizerril e Primo, 2001; Vitule *et al.*, 2006b, 2009; Vitule, 2008). Assim, a falta de dados precisos referentes às assembleias nativas e às relações das espécies introduzidas com a biota fluvial brasileira, na maioria dos casos, permite apenas especulações teóricas sobre as introduções. Existem outros fenômenos importantes, complexos e ainda inexplorados em nosso país, que são as interações positivas ou favorecedoras entre as espécies não nativas, ou fusão invasora (Invasional Meltdown – *sensu* Simberloff e Von Role, 1999; Simberloff, 2006) e mais uma plethora de fenômenos sinérgicos e/ou não lineares, por exemplo, os invasores “dormentes” (= *invasion sllepers*), um fenômeno comum onde existe um grande lapso de tempo entre o evento da introdução e o acontecimento da invasão e impactos (ver Ricciardi e Simberloff, 2009 e referências neste presente). Todos esses aspectos tornam demasiadamente complexas e problemáticas as situações de transposições de grandes bacias hidrográficas, as quais têm sido cogitadas para o Brasil na atualidade. Cambray (2005) registra uma série de problemas ocasionados por espécies

de peixes introduzidos por meio de transposições de bacias no continente africano. No caso brasileiro, problemas análogos certamente ocorrem há algum tempo, porém o tema das transposições é pouco abordado de forma específica e direcionada e é apenas destacado em trabalhos gerais sobre introduções (Agostinho *et al.*, 2005, 2007; Alves *et al.*, 2007), provavelmente devido à falta de dados concretos sobre o assunto. Obviamente, este é também um tema sério, amplo e complexo e uma questão especial, novamente subestimada para o Brasil.

Em termos conservacionistas, as questões referentes às introduções são ainda mais sérias no Brasil, pois apesar dos impactos causados por espécies introduzidas de peixes serem eminentes e dos estudos são escassos e incipientes, então continuam a ser introduzidas indiscriminadamente. Neste sentido, o princípio da precaução para espécies introduzidas é amplamente ignorado: “ao invés de as espécies introduzidas serem consideradas inocentes até que se prove a culpa... estas devem ser consideradas culpadas até que se prove o contrário” (Simberloff, 2003a; Vitule *et al.*, 2009). Assim, a introdução de peixes ainda vem sendo recomendada por alguns pesquisadores de órgãos públicos e privados, como, por exemplo, o uso de *C. idella* para controle biológico de macrófitas (*e.g.*, LIGHT/UFRRJ, 1994; Starling, 2005), além dos exemplos já mencionados, e outros (ver Alves *et al.*, 2007; Alves, 2008; Vieira e Pompeu, 2001). Nesse contexto, os potenciais impactos de algumas das espécies não nativas mais difundidas para aquicultura e introduzidas em ambiente natural no Brasil, como as tilápias dos gêneros *Oreochromis* e *Tilapia* (ver problemas destacados em Vitule *et al.*, 2009 e em suas referências) são pouco discutidos por órgãos governamentais e mesmo por pesquisadores. Isto ocorre, na maioria das vezes, devido ao conflito de interesses entre os setores produtivo e socioambiental. No geral, vencem as batalhas as partes ligadas ao setor

produtivo, em vista dos fatores econômicos e apelos da cadeia produtiva e da geração de empregos. De fato, os reais impactos gerados nos ambientes naturais (rios, lagos e estuários) ou seminaturais (reservatórios, entre outros), pelas criações de tilápias, pouco foram mensurados no Brasil e, quando o foram, certamente foram subestimados ou subutilizados, notoriamente, por parte das autoridades e tomadores de decisão. Hoje, porém, não podem mais ser ignorados os impactos reais e potenciais, já relatados e disponibilizados em bancos de dado de fácil acesso (Froese e Pauly, 2007; Vitule *et al.*, 2009; e referências nestes presentes).

O argumento de que não existem evidências concretas sobre impactos causados pelas espécies introduzidas no Brasil, utilizado por muitos piscicultores, pescadores esportivos, governantes e mesmo por alguns pesquisadores favoráveis à introdução de espécies (verificar o debate entre Gozlan, 2008; Vitule *et al.* 2009; Leprieux *et al.* 2009; e referências contidas nestes estudos), deve ser sempre questionado, uma vez que não se devem realizar experiências ou esperar que, de fato, ocorram catástrofes ambientais no Brasil, para se aprender as lições sobre as espécies introduzidas e seus impactos, principalmente em longo prazo. Assim, pode-se e deve-se aprender com os erros e experiências relatados por outros países, assim como é fundamental utilizar os dados básicos já disponíveis sobre a biologia básica das espécies e seus potenciais impactos. Neste sentido, é essencial seguir o princípio da precaução e lembrar o argumento utilizado por Casal (2006) de que, no caso das espécies de peixes introduzidas, “as ausências de evidências não são evidências de ausências”. Neste final de seção, ressalta-se novamente a importância da busca por impactos, notoriamente os indiretos e difíceis de detectar (em níveis ecossistêmicos, de comunidade, populacionais, entre outros), em geral causados por ações sinérgicas. Isto denota outra questão importante: necessidade de estudos interdisciplinares



sobre o tema, o que abre uma nova linha de atividades, pesquisas e oportunidades para os mais diversos tipos de pesquisadores e profissionais, dentro e fora da área biológica (historiadores, biogeógrafos, ecólogos, químicos, taxonomistas, geneticistas, parasitologistas, engenheiros ambientais, administradores, entre outros).

## Considerações finais e sugestões de ações

Na prática, a invisibilidade das espécies de peixes introduzidas só será anulada quando as consequências da introdução começarem a alterar a vida das pessoas ou a causar prejuízos econômicos e socioambientais, situações nas quais as ações de controle e manejo são caras e frequentemente de baixa efetividade. A dificuldade ou falta de interesse pelo problema perante a população brasileira só poderá ser evitada por meio da divulgação do assunto e/ou conscientização mediante a grande mídia e a sociedade em geral. Prever os efeitos de uma introdução é quase impossível (Vitule *et al.*, 2009), por isso é aconselhável o estudo de aspectos teóricos básicos antes desta, assim como é relevante o entendimento do papel de espécies já introduzidas sobre outras comunidades.

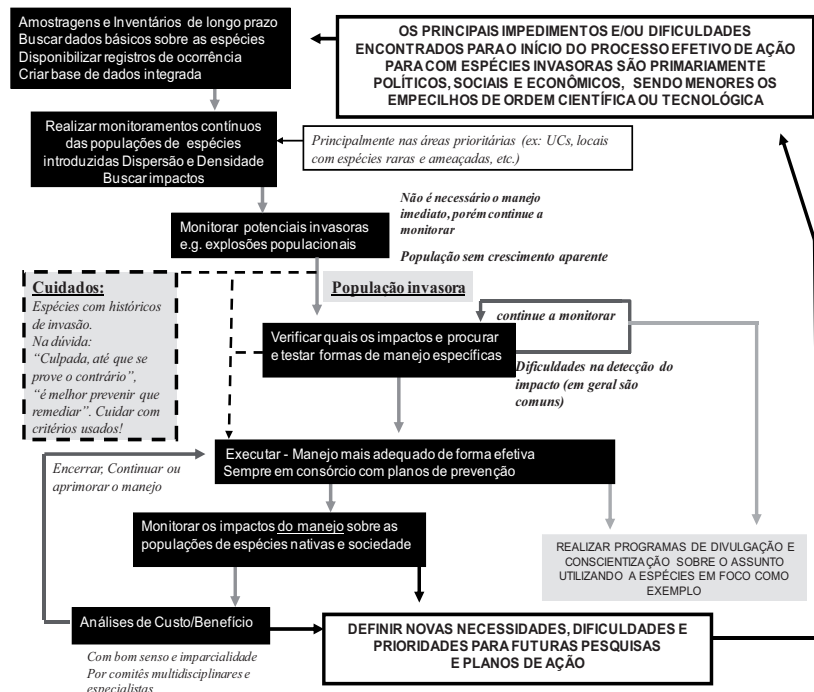
Toda introdução de espécie pode tornar-se uma invasão biológica, que é um fenômeno ou processo demasiadamente idiossincrático (Vitule *et al.*, 2009). Entretanto, o processo segue alguns padrões gerais e depende da espécie a ser introduzida (ressaltam-se os aspectos fisiológicos, comportamentais, ecológicos, genéticos), do ambiente onde se fará isto e da comunidade nativa deste local e seu grau de resistência, resiliência ou integridade (Elton, 1958), entre outros fatores importantes (pressão de propágulos, invasores dormentes, fusão invasora, por exemplo). Na prática, diversos fatores são de difícil mensuração para peixes em águas continentais. Assim, em geral, o que prevalece é uma combinação favorável de muitos ou da grande

maioria deles. Destaca-se que existem espécies com um maior potencial de se tornarem invasoras, assim como existem ambientes ou habitats mais susceptíveis a invasões (Meffe e Carroll, 1994; Townsend, 2003; Thompson e Townsend, 2004; Tilman, 2004; Wootton, 2005; Begon *et al.*, 2006; Vitule *et al.*, 2009; e referências contidas nestes estudos); por conseguinte, o histórico de introduções já ocorridas é uma importante ferramenta na prevenção de invasões.

Em termos gerais, ainda existe uma necessidade de árdua reflexão sobre o tema e de se conciliarem os dados teóricos obtidos pelos cientistas com os trabalhos de campo efetivos e práticos realizados por técnicos agentes do governo e gerenciadores. Além disso, há certo conflito entre o tempo gasto com estudos científicos teóricos e a necessidade emergencial de ações efetivas e rápidas para a erradicação ou controle de algumas espécies introduzidas, principalmente em ambientes com altas taxas de endemismo e unidades de con-

servação (Coblentz, 1990; Simberloff, 2003a,b). Nesta perspectiva, o papel dos tomadores de decisão e, principalmente, o direcionamento dos interesses públicos, políticos, sociais e econômicos são primordiais para a viabilização efetiva de planos de ação para espécies invasoras. É por isso que, de um modo geral, qualquer plano de ação deve, no mínimo, possuir uma equipe multidisciplinar e seguir uma linha lógica e integrativa de passos visando à otimização das ações quanto aos organismos invasores (Figura 1).

A introdução de espécies pode ser considerada como um tipo de poluição, em muitos aspectos, pior e mais complexa do que a poluição química. Nem mesmo o mais complexo e duradouro poluente químico possui a capacidade que esses organismos têm de se reproduzir ou se automultiplicar (de acordo com a capacidade potencial de crescimento exponencial exposta por Malthus) e se dispersar de forma independente, perpetuando-se ao longo do tempo e modificando de



**Figura 1.** Fluxograma de um modelo generalizado, com passos fundamentais do processo integrado e interdisciplinar de controle e precaução de espécies invasoras.

**Figure 1.** Flowchart of a general model, with the key steps in the integrated and interdisciplinary process of care and control of invasive species.

forma irreversível a biodiversidade nativa original e o ecossistema (Elton, 1958; Simberloff, 1981; Perry e Vanderklein, 1996). Diferentemente de outras formas de poluição, espécies uma vez estabelecidas se dispersam e persistem no tempo ecológico ou evolutivo, sendo raras as circunstâncias em que podem ser erradicados ou controlados, assim podem causar danos ambientais graves e, muitas vezes, irreparáveis (Elton, 1958; Simberloff, 1981; Coblenz, 1990). No caso específico de peixes de águas interiores, devem-se considerar alguns complicadores, acima destacados, como a falta de percepção ou invisibilidade e a forte pressão de propágulos atribuídos ao setor produtivo e ao de abastecimento. Em geral, isso acarreta um desbalanceamento nas avaliações dos custos/benéficos. Por essa razão, sempre devem ser considerados (ou reconsiderados) os custos/benefícios (em diferentes escalas espaço/temporais e ecológicas), o princípio da precaução e o histórico das espécies.

Para que o panorama atual seja modificado de forma efetiva, algumas ações prioritárias devem ser realizadas em relação às introduções de peixes em águas continentais no Brasil: (i) incentivo e aprimoramento de estudos científicos e criteriosos básicos sobre as espécies introduzidas no Brasil, buscando seus reais impactos socioambientais; (ii) cumprimento efetivo e aprimoramento (princípio do poluidor pagador, entre outros) da legislação vigente sobre a aquicultura e do tema de bioinvasões aquáticas continentais; (iii) criação, sistematização e manutenção de uma base dados nacional completa e integrada sobre as espécies de peixes introduzidos, criadouros, locais e causas de contaminação; (iv) criação e aperfeiçoamento de análises de risco e sua exigência para implementação de cultivos ou quaisquer atividades relacionadas; (v) implementação de programas de erradicação ou controle de populações de espécies introduzidas, principalmente em unidades de conservação e áreas de endemismo;

(vi) divulgação do assunto perante a grande mídia, conscientização e educação de técnicos, criadores, produtores, legisladores e do público em geral; (vii) fomento ou incentivos ao cultivo de espécies verdadeiramente nativas (considerando que o Brasil é um país de dimensões continentais e que, mesmo dentro de uma bacia hidrográfica, podem existir diferenças ictiofaunísticas), mediante controle de fontes de matrizes e seus padrões genéticos em relação às espécies existentes nas proximidades do cultivo; (viii) conscientização, educação e fiscalização no sentido de minimizar as probabilidades de escapes; (ix) fomento de debates e da cooperação entre os setores produtivo e conservacionista, e a sociedade como um todo.

Estes são apenas algumas práticas que deveriam ser implementadas de forma efetiva, já que peixes (e também outros organismos) introduzidos podem ser altamente prejudiciais à biodiversidade brasileira e global. O conhecimento e a prevenção são as mais eficazes ferramentas para tratar tal tipo de problema (Leprieur *et al.*, 2009; Vitule *et al.*, 2009). Especialmente quando não há certezas a respeito dos impactos de uma espécie não nativa a ser introduzida em um novo local, isto não deve ocorrer, até que sejam avaliados todos os potenciais custos e benefícios. Uma vez estabelecida uma espécie de peixe é, em geral, impossível ou inviável sua completa erradicação, e isso deve ser ponderado (Vitule *et al.*, 2009). A noção de que o desenvolvimento (econômico e social) pode ser considerado de forma independente da manutenção da biodiversidade é irracional e inaceitável para os tempos atuais. Os tratados internacionais firmados na The United Nations Conference on Environment and Development (ECO-92), realizada no Rio de Janeiro, destacam o princípio da precaução em vários tópicos:

*Principles* - Article 8h: ...as far as possible and as appropriate...prevent the introduction of, control or

*eradicate those alien species which threaten ecosystems, habitats or species...”; Article 15h: “In order to protect the environment, the precautionary approach shall be widely applied by States according to their capabilities. Where there are threats of serious or irreversible damage, lack of full scientific certainty shall not be used as a reason for postponing cost-effective measures to prevent environmental degradation...” (UNEP, 1992).*

Segundo Vitule *et al.* (2009), é importante ressaltar que o princípio da precaução não deve ser considerado uma barreira para a aquicultura e o setor produtivo, nem motivo de confrontos. Ao contrário, ele pode e deve ser encarado como um incentivo à descoberta de novas espécies nativas, com potencial valor socioeconômico, que possam viabilizar cultivos sustentáveis e sem maiores problemas futuros. Por fim, salienta-se que este trabalho não tem a pretensão de esgotar o tema abordado, muito pelo contrário. Espera-se que ele sirva de estímulo (principalmente para iniciantes na área e jovens estudantes) e incentivo para novas pesquisas e formas de abordagem inovadoras sobre um tema tão atraente, interessante e ainda pouco explorado no Brasil.

## Agradecimentos

Sou muito grato à Carolina Arruda Freire, pela leitura do manuscrito, correções no *abstract* e valiosas sugestões e ideias sobre o texto e ao colega Igor Kintopp Ribeiro pelo auxílio na formatação definitiva da Figura 1. Também devo agradecer imensamente a Daniel Simberloff, por sua atenção, seus ensinamentos, sua franqueza, seus auxílios, e principalmente, por ser uma grande fonte de incentivo, ideias e inspiração.

## Referências

ABELL, R.; THIEME, M.L.; REVENGA, C.; BRYER, M.; KOTTELAT, M.; BOGUTSKAYA,

- N.; COAD, B.; MANDRAK, N.; BALDERAS, S.C.; BUSSING, W.; STIASSNY, M.L.J.; SKELTON, P.; ALLEN, G.R.; UNMACK, P.; NASEKA, A.; REBECCA, N.G.; SINDORF, N.; ROBERTSON, J.; ARMJO, E.; HIGGINS, J.V.; HEIBEL, T.J.; WIKRAMANAYAKE, E.; OLSON, D.; LÓPEZ, H.L.; REIS, R.E.; LUNDBERG, J.G.; SABAJ PÉREZ, M.H.; PETRY, P. 2008. Freshwater ecoregions of the world: A new map of biogeographic units for freshwater biodiversity conservation. *BioScience*, **58**:403-414.
- AGOSTINHO, A.A.; JULIO Jr., H.F. 1996. Ameaça ecológica: peixes de outras águas. *Ciência Hoje*, **21**:36-44.
- AGOSTINHO, A.A.; THOMAZ, M.S.; GOMES, C.L. 2005. Conservation of the biodiversity of Brazil's inland waters. *Conservation Biology*, **19**:646-652.
- AGOSTINHO, A.A.; GOMES, L.C.; PELICI-CE, F.M. 2007. *Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil*. Maringá, EDUEM, 501 p.
- ALVES, C.B.M. 2008. Peixamento: benefícios e controvérsias de uma técnica de manejo. *Ação Ambiental*, **31**:31-34.
- ALVES, C.B.M.; VONO V.; VIEIRA F. 1999. Presence of the walking catfish *Clarias gariepinus* (Burchell) (Siluriformes, Clariidae) in Minas Gerais state hydrographic basins, Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, **16**:259-263.
- ALVES, C.B.M.; VIEIRA, F.; MAGALHÃES, A.L.B.; BRITTO, M.F.G. 2007. Impacts of nonnative fish species in Minas Gerais, Brazil: Present situation and prospects. In: T.M. BERT (ed.), *Ecological and genetic implications of aquaculture activities*. Dordrecht, Springer Press, 291-314 p.
- ANDREWS, C. 1990. The ornamental fish trade and fish conservation. *Journal of Fish Biology*, **31**:53-59.
- BEGON, M.; HARPER, J.L.; TOWNSEND, C.R. 2006. *Ecology: individual, populations and communities*. Oxford, Blackwell, 759 p.
- BIZERRIL, C.R.S.F. 1999. A ictiofauna da bacia do rio Paraíba do Sul. Biodiversidade e padrões espaciais de distribuição. Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, **45**:125-156.
- BIZERRIL, C.R.S.F.; PRIMO P.B.S. 2001. *Peixes de águas interiores do Estado do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro, PLANAGUA – FEMAR/SEMADS, 417 p.
- CAMBRAY, J.A. 2003. The need for research and monitoring on the impacts of translocated sharptooth catfish, *Clarias gariepinus*, in South Africa. *African Journal of Aquatic Science*, **28**:191-195.
- CAMBRAY, J.A. 2005. African's *Clarias gariepinus* (Teleostei: Clariidae) appears in rivers in Brazil. *African Journal of Aquatic Science*, **30**:201-202.
- CASAL, C.M.V. 2006. Global documentation of fish introductions: The growing crisis and recommendations for action. *Biological Invasions*, **8**:3-11.
- COBLENTZ, B.E. 1990. Exotic organisms: A dilemma for conservation biology. *Conservation Biology*, **4**:261-265.
- COLLARES-PEREIRA, M.J.; COWX, I.G. 2004. The role of catchment scale environmental management in freshwater fish conservation. *Fisheries Management and Ecology*, **11**:303-312.
- COWX, I.G. 2002. Analysis of threats to freshwater fish conservation: Past and present challenges. In: M.J. COLLARES-PEREIRA; I.G. COWX; M.M. COELHO (eds.), *Conservation of freshwater fishes: Options for the future*. Oxford, Blackwell Science, 201-220 p.
- DIXON, J.A.; SHERMAN, P.B. 1990. *Economics of protected areas: A new look at benefits and costs*. East-West Center/ Island Press, 251 p.
- ELTON, C.S. 1958. *The ecology of invasions by animals and plants*. Methuen, London, 181 p.
- FAO – UNITED NATIONS FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. 2006. *The state of fisheries and aquaculture*. Available at <http://www.fao.org/docrep/>; accessed on 2006/09/01.
- FROESE, R.; PAULY, D. 2007. *FishBase*. Available at: <http://www.fishbase.org/>; accessed on 2007/08/15.
- FULLER, P.L.; NICO, L.G.; WILLIAMS, J.D. 1999. *Nonindigenous fishes introduced into inland waters of the United States*. Bethesda, Maryland, American Fisheries Society, 613 p.
- GARCIA A.M.; LOEBMANN, D.; VIEIRA, J.P.; BEMVENUTI, M.A. 2004. First records of introduced carps (Teleostei, Cyprinidae) in the natural habitats of Mirim and Patos Lagoon estuary (South Brazil). *Revista Brasileira de Zoologia*, **21**:157-159.
- GHERARDI, F. 2007. Biological invasions in inland waters: An overview. In: F. GHERARDI (ed.), *Biological invaders in inland waters: Profiles, distribution, and threats*. 2ª ed., New York, Springer, Book Series Invading Nature - Springer Series in Invasion Ecology, p. 3-25.
- GISD. 2009. *The Global Invasive Species Database - by the Invasive Species Specialist Group (ISSG) of the Species Survival Commission of the IUCN-World Conservation Union*. Available at [http://www.issg.org/database/species/search.asp?st=100ss](http://www.issg.org/database/species/search.asp?st=100ss;); accessed on 2009/05/19.
- GOZLAN, R.E. 2008. Introduction of non-native freshwater fish: Is it all bad? *Fish and Fisheries*, **9**:106-115.
- INGENITO, L.F.S.; DUBOC, L.F.; ABILHOA, V. 2004. Contribuição ao conhecimento da ictiofauna do alto rio Iguaçu, Paraná, Brasil. *Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR*, **7**:23-36.
- IUCN. 2006. *The World Conservation Union – IUCN*. Available at [www.iucn.org/](http://www.iucn.org/); accessed on 2006/02/02.
- LANGANI, F.; CASTRO, R.M.C.; OYAKAWA, O.; SHIBATA, O.A.; PAVANELLI, C.S.; CASATTI, L. 2007. Diversidade da ictiofauna do Alto Rio Paraná: composição atual e perspectivas futuras. *Biota Neotropica*. Available at <http://www.biotaneotropica.org.br/v7n3/pt/a>
- abstract?article+bn03407032007.; accessed on 2007/12/05.
- LATINI, A.O.; PETRERE, M.Jr. 2004. Reduction of a native fish fauna by alien species: An example from Brazilian freshwater tropical lakes. *Fisheries Management and Ecology*, **11**:71-79.
- LEPRIEUR, F.; BEAUCHARD, O.; BLANCHET, S.; OBERDORFF, T.; BROSSE, S. 2008. Fish invasions in the world's river systems: When natural processes are blurred by human activities. *PLoS Biology*, **6**(2):e28. doi:10.1371/journal.pbio.0060028
- LEPRIEUR, F.; BROSSE, S.; GARCIA-BERTHO, E.; OBERDORFF, T.; OLDEN, J.D.; TOWNSEND, C.R. 2009. Scientific uncertainty and the assessment of risks posed by non-native freshwater fishes. *Fish and Fisheries*, **10**:88-97.
- LIGHT/UFRRJ. 1994. Controle biológico de macrófitas aquáticas na represa do Vigário, RJ, da Light. In: COMASE – SEMINÁRIO SOBRE FAUNA AQUÁTICA E O SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO, Rio de Janeiro, Caderno 5: Ações, ELETROBRÁS, p. 40-49.
- MAGALHÃES, A.L.B.; ANDRADE, R.F.; RATTON, T.F.; BRITO, M.F.G. 2002. Ocorrência da truta arco-íris *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792) (Pisces: Salmonidae) no alto rio Aiuruoca e tributários, bacia do rio Grande, Minas Gerais, Brasil. *Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão*, **14**:33-40.
- MAGALHÃES, A.L.B.; BRITO, M.F.G.; ANDRADE R.F. 2005. Espécies introduzidas. In: A.L.B. MAGALHÃES; M.F.G. BRITO; R.F. ANDRADE (eds.), *Uma abordagem didático-científica sobre peixes introduzidos no Estado de Minas Gerais*. Available at: <http://www.exoticfish.bio.br/>; accessed on 2005/08/30.
- MAGALHÃES, A.L.B.; JACOBI, C.M. 2008. Ornamental exotic fish introduced into Atlantic Forest water bodies, Brazil. *Neotropical Biology and Conservation*, **2**:73-77.
- McNEELY, A.J. 2001. An introduction to human dimensions of invasive alien species. In: A.J. McNEELY (ed.), *The great reshuffling: Human dimensions of invasive alien species*. Switzerland and Cambridge, IUCN – The World Conservation Union, Gland, p. 5-20.
- McKINNEY, M.L.; LOCKWOOD, J.L. 1999. Biotic homogenization: A few winners replacing many losers in the next mass extinction. *Trends in Ecology & Evolution*, **14**:450-453.
- MEDEIROS, E.S.; MALTCHIK, L. 1999. The effects of hydrological disturbance on the intensity of infestation of *Lernaea cyprinacea* in an intermittent stream fish community. *Journal of Arid Environments*, **43**:351-356.
- MEDEIROS, E.S.; MALTCHIK, L. 2001. Diversity and stability of fishes (Teleostei) in an temporary river of the Brazilian semiarid region. *Iheringia - Série Zoologia*, **90**:157-166.
- MEFFE, K.G.; CARROL, C.R. 1994. *Principles of conservation biology*. Sinauer, Sunderland, 600 p.
- NEVILLE, L.E.; MURPHY, S. 2001. *Invasive*



- alien species: Forging cooperation to address a borderless issue. Berks, International Association for Ecology (INTECOL) Newsletter, Spring/Summer, p. 3-7.
- O ECO, 2009. *Predador à solta no topo da serra gaúcha*. Available at <http://www.oeco.com.br/reportagens/37-reportagens/21672-predador-a-solta-no-topo-da-serra-gaucha>; accessed on 2009/05/19.
- OLDEN, J.D. 2006. Biotic homogenization: A new research agenda for conservation biogeography. *Journal of Biogeography*, **33**:2027-2039.
- ORSI, M.L.; AGOSTINHO, A.A. 1999. Introdução de espécies de peixes por escapes acidentais de tanques de cultivo em rios da bacia do rio Paraná, Brasil. *Revista brasileira de Zootologia*, **16**:557-560.
- PELICICE, F.M.; AGOSTINHO, A.A. 2009. Fish fauna destruction after the introduction of a non-native predator (*Cichla kelberi*) in a Neotropical reservoir. *Biological Invasions*. doi: 10.1007/s10530-008-9358-3
- PERRY, J.; VANDERKLEIN, E. 1996. *Water quality: Management of a natural resource*. Bideford, Blackwell Science, Inc. 639 p.
- PESCA COM MOSCA. 2009. Pesca com mosca. Available at <http://www.pescacommosca.com.br/not19.htm>; accessed on 2009/02/15.
- PESCARTE. 2004. *Manifesto dos participantes da pesca esportiva no estado do paraná da liga paranaense de pesca esportiva*. Available at [http://www.pescarte.com.br/restrito/rev04/tend204/tend53\\_manifesto.asp](http://www.pescarte.com.br/restrito/rev04/tend204/tend53_manifesto.asp); accessed on 2007/05/25.
- PIMENTEL, D.; ZUNIGA, R.; MORRISON, D. 2005. Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. *Ecological Economics*, **52**:273-288.
- PNUD. 2009. *Programa das Na es Unidas para o Desenvolvimento*. Available at [http://www.pnud.org.br/projetos/meio\\_ambiente/visualiza.php?id07=117](http://www.pnud.org.br/projetos/meio_ambiente/visualiza.php?id07=117); accessed on 2009/05/19.
- POMPEU, P.S.; ALVES, C.B.M. 2003. Local fish extinction in a small tropical lake in Brazil. *Neotropical Ichthyology*, **1**:133-135.
- POMPEU, P.S.; GODINHO A.L. 2001. Mudança na dieta da traira *Hoplias malabaricus* (Bloch) (Erythrinidae, Characiformes) em lagoas da bacia do rio Doce devido à introdução de peixes piscívoros. *Revista Brasileira de Zoologia*, **18**:1219-1225.
- RAHEL, F.J. 2000. Homogenization of fish faunas across the United States. *Science*, **288**:854-856.
- RAHEL, F.J. 2002. Homogenization of freshwater faunas. *Annual Review of Ecology and Systematics*, **33**:291-315.
- RICCIARDI, A.; SIMBERLOFF, D. 2009. Assisted colonization is not a viable conservation strategy. *Trends in Ecology & Evolution*, **24**:248-253.
- ROSS, S.T. 1991. Mechanisms structuring stream fish assemblages: Are there lessons from introduced species? *Environmental Biology of Fishes*, **30**:359-368.
- SCOTT, M.C.; HELFMAN, G.S. 2001. Native invasions, homogenization, and the mismeasure of integrity of fish assemblages. *Fisheries*, **26**:6-15.
- SIMBERLOFF, D. 1981. Community effects of introduced species. In: M.H. NITECKI (ed.), *Biotic crises in ecological and evolutionary time*. New York, Academic Press, p. 53-81.
- SIMBERLOFF, D. 2003a. Confronting introduced species: A form of xenophobia? *Biological Invasions*, **5**:179-192.
- SIMBERLOFF, D. 2003b. How much information on population biology is needed to manage introduced species? *Conservation Biology*, **17**:83-92.
- SIMBERLOFF, D. 2006. Invasional meltdown 6 years later: Important phenomenon, unfortunate metaphor, or both? *Ecology Letters*, **9**:912-919.
- SIMBERLOFF, D.; VON HOLLE, B. 1999. Positive interactions of nonindigenous species: Invasional meltdown? *Biological Invasions*, **1**:21-32.
- STARLING, F.L.R.M. 2005. Controle de macrófitas em reservatórios. Mesa-redonda sobre macrófitas aquáticas invasoras. In: M.B. GRECO (coord.), *Seminário Nacional Sobre Espécies Invasoras*. Belo Horizonte, Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Ensino Superior de Minas Gerais, 10 p.
- STOKSTAD, E. 2003. Can well-timed jolts keep out unwanted exotic fish? *Science*, **301**:157-158.
- TAYLOR, J.N.; COURTENAY, W.R.Jr.; McCANN, J.A. 1984. Known impacts of exotic fishes in the continental United States. In: W.R. COURTENAY Jr.; J.R. STAUFFER (eds.), *Distribution, biology, and management of exotic fishes*. Baltimore, Johns Hopkins University Press, p. 322-373.
- THOMPSON, M.R.; TOWNSEND, C.R. 2004. Landuse influences on New Zealand stream communities effects on species composition, functional organization and food-web structure. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, **38**:595-608.
- TILMAN, D. 2004. Niche tradeoffs, neutrality, and community structure: A stochastic theory of resource competition, invasion, and community assembly. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **101**:10854-10861.
- TOWNSEND, C.R. 2003. Individual, population, community, and ecosystem consequences of a fish invader in new zealand streams. *Conservation Biology*, **6**:273-282.
- TOWNSEND, C.R.; WINTERBOURN, M.J. 1992. Assessment of the environmental risk posed by an exotic fish: The proposed introduction of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) to New Zealand. *Conservation Biology*, **17**:38-47.
- UNEP. 1992. *United Nations Environmental Programme*. Rio declaration on environment and development. Made at the United Nations Conference on Environment and Development, Rio de Janeiro, Brazil. Available at <http://www.unep.org/Documents/Default.asp?DocumentID=78&ArticleID=1163>; accessed on 2007/10/12.
- VIEIRA, F.; POMPEU, P.S. 2001. Peixamentos - uma alternativa eficiente? *Ciência Hoje*, **30**:28-33.
- VITOUSEK, P.M.; MOONEY, H.A.; LUBCHENCO J.; MELILLO, J.M. 1997. Human domination of Earth's ecosystems. *Science*, **277**:494-499.
- VITULE, J.R.S. 2008. *Distribuição, abundância e estrutura populacional de peixes introduzidos no rio Guaraguaçu, Paranaguá, Paraná, Brasil*. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, Tese de Doutorado, 139 p.
- VITULE, J.R.S.;  MBRIA, S.C.; ARANHA, J.M.R. 2006a. Introduction of the African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) into Southern Brazil. *Biological Invasions*, **8**:677-681.
- VITULE, J.R.S.;  MBRIA, S.C.; ARANHA, J. M. R. 2006b. Introdução de espécies, com ênfase em peixes de ecossistemas continentais. In: E.L.A. MONTEIRO-FILHO; ARANHA, J.M.R. (eds.), *Revisões em Zoologia - I: Volume Comemorativo dos 30 Anos do Curso de Pós-Graduação em Zoologia da Universidade Federal do Paraná*. Curitiba, Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Paraná, p. 217- 229.
- VITULE, J.R.S.; FREIRE, C.A.; SIMBERLOFF, D. 2009. Introduction of non-native freshwater fish can certainly be bad. *Fish and Fisheries*, **10**:98-108.
- WELCOMME, R.L. 1988. International introductions of inland aquatic species. *FAO - Fisheries Technical Papers*, **294**:1-318.
- WOOTTON, J.T. 2005. Field parameterization and experimental test of the neutral theory of biodiversity. *Nature*, **433**:309-312.

Submitted on December 3, 2008.

Accepted on May 25, 2009.