



Homogeneização biótica: Misturando organismos em um mundo pequeno e globalizado

Biotic homogenization: Mixing organisms in a small and globalized world

Jean Ricardo Simões Vitule^[a], Letícia Pavani Pozenato^[b]

Resumo

Os seres humanos vêm mudando a distribuição das espécies ao redor do mundo. Os principais problemas são a introdução acidental ou deliberada das espécies não nativas por diferentes vetores, a extirpação das espécies e a modificação dos *habitats*. Recentemente, e cada vez mais, atenção tem sido dada a um fenômeno ambiental geral no qual elementos exclusivos são substituídos por elementos comuns, tanto em termos de organismos quanto em *habitats*. Esses fenômenos estão provocando grandes mudanças globais, resultando em problemas locais e globais. Especialmente, as introduções de espécies não nativas estão causando alterações que podem ser percebidas apenas na escala ampla temporal e espacial: *homogeneização biótica*. Um efeito humano capital é a substituição de organismos endêmicos e especialistas, por entidades biológicas comuns e generalistas, um novo fenômeno biológico, pelo menos em termos de magnitude, chamado de homogeneização biótica. Este ensaio visa apresentar uma breve revisão do assunto com comentários e ideias para serem exploradas em estudos futuros.

Palavras-chave: Biodiversidade. Conservação biológica. Consequências ecológicas. Manejo. Impactos.

Abstract

Humans are changing species distributions at increasing rates around the world. The major problems are accidental or deliberate introduction of the non-native species by different vectors, species extirpation and habitat modification. Only recently, increasing attention has been given to a general environmental phenomenon, having exclusive elements replaced by common elements, both in terms of organisms and habitats. These are causing major global changes, resulting in local and global problems. Especially, non-native species introductions are causing changes that may be perceived only in the long-term and large spatial scale: biotic homogenization. A major human effect is the replacement of distinctive and specialized, native biological entities by widespread generalists, a new biological phenomenon, at least in terms of magnitude, called biotic homogenization. This essay aims to present a short review of the subject with comments to be explored in future studies.

Keywords: Biodiversity. Biological conservation. Ecological consequences. Management. Impacts.



^[a] Professor, doutor em Zoologia pela Universidade Federal do Paraná (UFPR), Laboratório de Ecologia e Conservação, Departamento de Engenharia Ambiental, Setor de Tecnologia, Curitiba, PR - Brasil, e-mail: biovitule@gmail.com

^[b] Aluna do curso de Graduação em Engenharia Ambiental na Universidade Federal do Paraná (UFPR). Laboratório de Ecologia e Conservação, Departamento de Engenharia Ambiental, Setor de Tecnologia, Curitiba, PR - Brasil, e-mail: lppozenato@gmail.com

Recebido: 01/07/2012

Received: 07/01/2012

Aprovado: 30/07/2012

Approved: 07/30/2012

"The fact that so many millions of wild and tame individuals of our domestic species, almost all of them the largest quadrupeds and birds, having been propagated throughout the new continent within the short period that has elapsed since the discovery of America... affords abundant evidence of the extraordinary changes which accompany the diffusion and progressive advancement of the human race over the globe"

(Charles Lyell, 1832).

"In considering the distribution of organic beings over the face of the globe, the first great fact... is that neither the similarity nor the dissimilarity of the inhabitants of various regions can be accounted for by their physical conditions... A second great fact... is, that barriers of any kind, or obstacles to free migration, are related in a close and important manner to differences between the productions of various regions"

(Charles Darwin, 1859, p. 395-396).

"No one really knows how many species have been spreading from their natural homes, but it must be tens of thousands, and of these some thousands have made a noticeable impact on human life; that is, they have caused the loss of life, or made it more expensive to live"

(Charles S. Elton, 1958, p. 50).

"But never before the recent catastrophe had the catch collapsed so rapidly: in ten years after the lamprey invasion began to take effect, the numbers of lake trout taken in the American waters of Lake Huron and Lake Michigan fell from 8,600,000 lb. to only 26,000 lb"

(Charles S. Elton, 1958, p. 27).

Introdução

Há muito os cientistas vêm observando a influência da atividade humana no meio ambiente e nas biotas. Espécies que uma vez eram limitadas a certa região, não tendo condições de avançar além de seu alcance natural, com a interferência antrópica podem cruzar até mesmo um oceano e se estabelecerem em ambientes totalmente novos.

Não é recente o registro de espécies invasoras. Charles Darwin já fazia menção à introdução de espécies e Charles Lyell chegou a relacionar essas invasões a extinções dentro de uma comunidade (Olden & Poff, 2004a). Sabe-se que o homem vem exportando e importando novas espécies desde o início da civilização. Algumas vezes eram apenas alguns exemplares, como no caso de leões importados pelos

romanos para servirem nas arenas como entretenimento; ou de animais de estimação que, como não estabeleceram uma população no local, não chegaram a caracterizar uma introdução bem-sucedida. Em outras ocasiões, vários exemplares foram importados e soltos de forma que espécies conseguiram se estabelecer e invadir um novo ambiente, como foi o caso da galinha-banquiva – *Gallus gallus* (Linnaeus, 1758) –, introduzida na Europa e na África pelo império romano nos primeiros séculos depois de Cristo (MacDonald, 1992).

Espécies introduzidas que vêm a se tornar invasoras podem causar grandes impactos em um ambiente. Talvez o exemplo mais conhecido e importante seja o da introdução do coelho-europeu (*Oryctolagus cuniculus*) na Austrália. Essa espécie foi ali introduzida na primeira metade do século XIX pelos primeiros colonizadores. Desde a sua introdução, os coelhos se espalharam por quase todo o território australiano, aumentando sua população muito rapidamente. Os coelhos foram responsáveis pela extinção de, pelo menos, cinco mamíferos terrestres pequenos e causaram grandes danos a muitas espécies de plantas. Esses invasores foram capazes de desertificar (via herbivoria e consumo de água e outros recursos) certas áreas antes de começarem os esforços de controle, que hoje o governo australiano mantém constante, utilizando-se principalmente de armas biológicas, mas também químicas e mecânicas (Begon, Townsend & Harper, 2006).

No Brasil, uma espécie introduzida popularmente conhecida e que causa grandes prejuízos é o mexilhão dourado – *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857). Trazido em 1991 para o estuário do Rio da Prata na água de lastro dos navios vindos da Ásia, essa espécie se espalhou pelas hidrovias nas bacias do Paraná, Paraguai, Uruguai e, também, no lago Guaíba no Rio Grande do Sul, causando danos especialmente às usinas hidrelétricas. Os mexilhões são moluscos sésseis que se fixam em qualquer superfície, formando colônias de rápido crescimento e impacto. Nas usinas hidrelétricas, eles crescem em turbinas e outras instalações, prejudicando seriamente seu funcionamento. Esse problema é controlado com constantes esforços de erradicação dos mexilhões, desenvolvimento de tintas especiais para dificultar a fixação dos moluscos e limpeza de turbinas e outros equipamentos afetados (Kowalski & Kowalski, 2008).

Algumas vezes a introdução de determinada espécie em um ambiente pode causar um efeito muito

maior, se combinada com outras introduções que aconteceram previamente (Simberloff, 2006), fenômeno conhecido como fusão invasora. Um exemplo é o da Ilha Christmas, na Austrália, onde a formiga-amarela-louca – *Anoplolepis gracilipes* (Smith, 1857), espécie invasora na ilha, teve sua população muito aumentada pela associação com espécies de pulgão introduzidas e também nativas. As formigas pastoreiam os pulgões, protegendo-os de predadores, e em troca se alimentam de sua secreção adocicada. Assim, os pulgões aumentam suas populações e sua secreção facilita o crescimento de um mofo escuro que causa a morte dos galhos da copa de grandes árvores. As formigas, por sua vez, diminuíram drasticamente populações de caranguejo-vermelho – *Gecarcoidea natalis* (Pocock, 1888), uma espécie endêmica responsável por quase todo o consumo de plantas rasteiras, sementes e pequenas mudas, levando ao seu crescimento massivo (O'Dowd Greent & Lake, 2003).

É muito comum que a introdução seja feita por seu valor econômico ou estético na aquicultura, na pesca esportiva ou até mesmo na aquarioria (Vitule, 2009). Um exemplo é a introdução da perca-do-Nilo no Lago Vitória, África. A perca foi introduzida para melhorar a produtividade pesqueira do lago; e como é um predador voraz, aniquilou cerca de 60% das espécies endêmicas do lago, além de reduzir a população de muitas outras espécies, também causando uma cascata de problemas indiretos, conforme revisado por Vitule, Freire e Simberloff (2009) e Cucherousset e Olden (2011). No Brasil há vários casos de introduções intencionais de peixes associados à piscicultura e à pesca esportiva, muitas vezes incentivadas por agências governamentais (Vitule, Freire & Simberloff, 2009; Vitule, 2009). Espécies como a tilápia-do-Nilo – *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758), amplamente distribuída pelo território brasileiro em virtude de seu apelo comercial, pode alterar todo o balanço do ambiente aumentando a turbidez da água e mudando a estrutura da comunidade (Attayde, Okun, Brasil, Menezes & Mesquita, 2007). Também o bagre-africano – *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822), muito introduzido em tanques de pesca, migrou para o ambiente natural das planícies costeiras do litoral do Paraná. Sua carne teve pouca aceitação no Brasil, mas é apreciado para a pesca esportiva. O bagre tem alto impacto no ambiente, pois é um predador versátil e extremamente resistente à seca, em virtude de seus hábitos anfíbios e pseudopulmões (Vitule, Umbria & Aranha, 2006a, 2006b).

É fato que o ser humano vem alterando continuamente os ecossistemas nos últimos séculos, de maneira descontrolada e sem precedentes. Isso se deve a fatores como o crescimento desenfreado da população humana, a domesticação e a translocação de espécies, a globalização de um grupo restrito de espécies generalistas, e a transformação de paisagens naturais em zonas urbanas ou de agricultura/pecuária. Nesse sentido, os humanos vêm modificando a distribuição das espécies no planeta em taxas crescentes e incomparáveis com eventos naturais.

Homogeneização biótica

Embora observações de introduções e de seus efeitos indesejáveis tenham sido feitas muito antes, Charles Elton foi um dos primeiros cientistas a estudar as invasões bióticas, e seus trabalhos são considerados os fundamentos da ecologia de comunidades, populações e ecologia de bioinvasões. De fato, seu livro *The ecology of invasion by animals and plants* (Ecologia das invasões por animais e plantas) é considerado o marco zero da atual abordagem do estudo de invasões e também a primeira obra em que foi divulgada a ideia de homogeneização biótica como a consideramos hoje. Ou seja, não apenas como um conjunto de processos de invasões e extinções, como já havia sido descrito por Lyell, por exemplo, mas como um processo complexo de aumento da similaridade entre comunidades. Elton observou que a influência humana sobre o ambiente pode levar a mudanças significativas em cada comunidade de um ecossistema a ponto de torná-las cada vez mais parecidas em escala regional e global, favorecendo espécies generalistas de rápido crescimento e fácil adaptação em detrimento das espécies mais especialistas e endêmicas (Elton, 1958; McKinney & Lockwood, 1999; Ricciardi & MacIsaac, 2008).

Extinções em massa pretéritas mostram que perturbações globais, climáticas ou geológicas podem produzir biotas de baixa diversidade dominadas por espécies cosmopolitas e resistentes. McKinney e Lockwood (1999) acreditam que atualmente isso está acontecendo em escala global em razão da modificação dos ambientes e do transporte de espécies exóticas, resultando muitas vezes na extirpação de espécies raras e globalmente endêmicas. Estima-se que se todas as espécies hoje em declínio forem extintas, experimentaremos a sexta extinção em massa

de escala global em apenas alguns séculos e teremos uma biosfera homogeneizada.

As “espécies vencedoras” são aquelas que resistem à diminuição de seu alcance geográfico, podendo se expandir. Não é possível estimar com precisão o percentual de vencedores, tanto pela falta de dados apropriados quanto porque algumas vezes vencedores não são notados, por estarem se expandindo para territórios adjacentes ao seu ou em áreas isoladas e/ou inexploradas. Entretanto, um bom indicador para organismos vencedores é o percentual de beneficiados pelas atividades humanas (McKinney & Lockwood, 1999).

Evidências sugerem que a extinção não é taxonomicamente ou filogeneticamente aleatória. Algumas famílias, em virtude de características peculiares de sua história de vida (por exemplo, os papagaios, que são muito grandes e têm baixa fecundidade), possuem maiores chances de apresentarem extinções (= “perdedores”; McKinney & Lockwood, 1999). Os vencedores também se concentram em certos *taxa*, como é o caso entre os peixes representantes da ordem Siluriformes (bagres e cascudos; Vitule, Skóra & Abilhoa, 2012). Por conta disso, podemos estar em direção a uma biosfera não apenas de baixa diversidade, mas também com espécies imediatamente aparentadas, ou seja, filogeneticamente próximas. Os grupos de vencedores e perdedores têm características em comum. Enquanto os vencedores apresentam características como tamanho relativamente grande, onivoria, crescimento rápido e facilidade de dispersão ou reprodução em ambientes efêmeros, os perdedores têm traços relacionados à especialização e são, em geral, de reprodução lenta (McKinney & Lockwood, 1999; Vitule, et al. 2012).

McKinney e Lockwood (1999) primeiramente definiram a homogeneização biótica como “a substituição de biotas locais por espécies não nativas” que “frequentemente substituem espécies endêmicas únicas por espécies que já são de ampla distribuição” (tradução livre). Essa definição foi aprimorada e expandida por diversos autores e, de acordo com Olden, Poff, Douglas, Douglas e Fausch (2004), homogeneização biótica deve ser descrita como perda de diversidade β , ou mais amplamente como o processo ecológico pelo qual biotas diferentes perdem distinção em qualquer nível de organização: genético, taxonômico ou funcional.

A homogeneização genética diminui a variabilidade genética de uma população em certa região. Essa

diminuição no conjunto (*pool*) de genes ocorre por hibridização intra e interespecífica, principalmente com espécies não nativas. Esse tipo de homogeneização pode comprometer a capacidade de adaptação de uma população e, também, sua resistência a doenças (Olden, 2006). Além disso, a homogeneização genética pode diminuir a resistência a invasores e promover o sucesso de competidores híbridos (Olden, et al. 2004).

A homogeneização funcional, segundo Olden (2006), é o aumento de similaridade funcional de biotas com o tempo, em função do estabelecimento de espécies com papéis similares no ecossistema e da perda de espécies com papéis funcionais únicos. A homogeneização funcional de comunidades interconectadas pode aumentar a vulnerabilidade a mudanças ou perturbações de grande escala no ambiente.

Ainda existe a homogeneização taxonômica (tendo, em geral, a categoria espécie como sua unidade fundamental de estudo), que é muitas vezes tratada pelo termo mais genérico homogeneização biótica, por ser o primeiro e mais estudado tipo de homogeneização. Olden e Rooney (2006) definem a homogeneização taxonômica como “o aumento de similaridade taxonômica de duas ou mais biotas em um intervalo de tempo específico, em outras palavras, o declínio na diversidade β ”.

Homogeneização biótica, de acordo com Olden e Rooney (2006), não deve ser usada para descrever padrões de invasão, distribuições declinantes e perda de espécies nativas ou mudanças na riqueza de espécies com o tempo. A homogeneização taxonômica não varia previsivelmente com a riqueza de espécies. Não é necessário que ocorram simultaneamente extinções e invasões para que homogeneização taxonômica aconteça, e os dois eventos possuem efeitos diferenciados no processo de homogeneização/diferenciação (Olden & Poff, 2003).

Homogeneização taxonômica pode causar a simplificação das cadeias alimentares, e considerando-se que as extinções e invasões são relacionadas à história de vida das espécies, o fenômeno pode vir acompanhado das formas funcional e genética (Olden, 2006). Isso precisa ser avaliado com urgência, notoriamente em regiões megadiversas tropicais, visto que a maioria dos estudos se concentra em regiões temperadas.

Quantifica-se homogeneização taxonômica com base em índices de similaridade usando presença e ausência entre dois tempos em um par de locais. Em geral, as métricas mais usadas são: os coeficientes de similaridade de Jaccard e de Sørensen para dados de

presença e ausência, ou Morisita em caso de abundância relativa, e Bray-Curtis para abundâncias e dados quantitativos (Cassey, Lockwood, Blackburn & Olden, 2007; Leprieur, Olden, Lek & Brosse, 2009; Marchetti, Lockwood & Light, 2001; Olden, et al. 2004; Olden & Rooney, 2006).

Os mecanismos pelos quais ocorre a homogeneização são diversos, e dentre eles estão destruição de *habitats*, invasões e extinções. O resultado de uma invasão depende muito das espécies introduzidas e das áreas analisadas. Se a mesma espécie for introduzida em vários locais, a tendência é que haja homogeneização. Se, no entanto, diversas espécies invadem ambientes diferentes, temos diferenciação. Outro fator de influência é a escala espacial utilizada na análise, como sugerem Olden e Poff (2003). Aumentando-se a escala espacial, aumenta-se também a tendência de observação de homogeneização. Em escalas menores, diferenciação é o resultado mais comum, pois espécies raras e exóticas distintas são mais facilmente registradas.

Assim, o processo de homogeneização é claramente dependente da escala usada e leva a crer que as mudanças na similaridade da composição das biotas sejam influenciadas pelas características do táxon em questão, como já mencionado. Em virtude dessa questão, é possível que os padrões de homogeneização de espécies de grande mobilidade, como aves, difiram de *taxa* como os peixes, que são condenados aos limites do corpo-d'água que residem e suas barreiras fisiográficas naturais ou artificiais (Cassey, et al. 2007; McKinney & Lockwood, 1999; Olden & Poff, 2004b; Olden, 2006; Vitule, et al. 2012).

Cassey et al. (2007) analisaram padrões de mudança na similaridade entre grupos de pássaros em ilhas oceânicas desde a colonização europeia, concluindo que os padrões de homogeneização de aves entre ilhas oceânicas de fato não seguem necessariamente o modelo proposto por Olden e Poff (2004b), sugerindo que introduções e extirpações não são os únicos fatores a influenciar a avifauna de ilhas oceânicas. Mostraram, também, que a escala espacial e a história evolutiva influenciam os padrões de homogeneização e diferenciação nas regiões oceânicas. Em geral, ilhas do mesmo arquipélago se tornaram mais semelhantes e espécies não endêmicas tendem a ocupar todas as ilhas do arquipélago.

Charles Elton apontou que a expansão constante da atividade humana, aliada à modificação do ambiente, quebra as barreiras zoogeográficas de Wallace

e, por consequência, permite que haja a troca de espécies entre biotas distintas. Não obstante, a mudança de diversos *habitats* diferentes, muitas vezes mais complexos, para alguns poucos e simplificados, pode também facilitar o triunfo dos generalistas sobre os especialistas (Elton, 1958; Olden, et al. 2004).

Áreas urbanas ou de agricultura extensiva e lagos de usinas hidrelétricas ou reservatórios para captação de água são exemplos de ambientes criados pelo homem, muito semelhantes uns aos outros e, em geral, muito mais simples que o ambiente natural. Canais, por exemplo, criam conexões entre diferentes corpos-d'água, facilitando a troca de espécies e tornando o ambiente mais homogêneo. Ainda existe o problema das introduções acidentais ou intencionais feitas pelo homem, que geralmente ocorrem próximo às áreas urbanizadas (Marchetti & Lockwood, 2006; Rahel, 2002; Vitule, et al. 2012).

Marchetti et al. (2006) concluíram, em seu experimento com comunidades de peixes nas bacias hidrográficas da Califórnia, que há uma relação entre urbanização e eventos de extinção e invasão. McKinney (2004) demonstrou que entre comunidades de plantas nos Estados Unidos há a tendência de espécies exóticas produzirem diferenciação em ambientes com pequenas perturbações, indicando uma relação ao processo de amostragem e que outros fatores estão envolvidos, como a diferença de latitude, que influencia a similaridade mais fortemente que a distância.

A construção de reservatórios, seja para a geração de energia em uma hidrelétrica, para a captação de água para irrigação, controle de vazão do corpo hídrico ou para o abastecimento da população humana, transforma o ambiente. As alterações relacionadas à transformação de um ambiente lótico em um ambiente lêntico já são suficientes para que especialistas de águas correntes não consigam sobreviver na área alagada e espécies mais oportunistas e generalistas se instalem com facilidade, modificando as características da comunidade presente na área alagada. Além disso, as barragens separam o rio e a maioria das espécies não consegue transpor essa barreira, mesmo quando escadas de peixes são construídas. E quando conseguem migrar pela escada de peixes, dificilmente conseguem voltar para a região a jusante da barragem (Johnson, Olden & Zanden, 2008; Vitule, et al. 2012).

Algumas vezes, no entanto, o alagamento do rio causado pela represa destrói uma barreira natural ou filtro geológico existente, como o caso da usina

hidrelétrica de Itaipu que, ao alagar as Sete Quedas, permitiu que as espécies a jusante subissem o lago e colonizassem os trechos a montante da bacia do rio Paraná. Há evidência de que houve aumento de similaridade entre as ecorregiões da bacia após o enchimento do reservatório, como mostram Vitule et al. (2012).

Há evidências de que não somente a escala espacial escolhida influencia no aumento ou diminuição da similaridade entre comunidades, mas também a escala temporal (Clavero & Gracia-Berthou, 2006; Olden & Poff, 2004b; Smart, Thompson, Marrs, Le Duc, Maskell & Firbank, 2006).

Muitos dos estudos já realizados sobre homogeneização comprovam que a escala espacial é de suma importância, porém muito pouco foi discutido e estudado com relação à escala temporal (verificar Clavero & Gracia-Berthou, 2006). E é somente estudando a escala temporal, naturalmente sem negligenciar a escala espacial, que podemos entender melhor os mecanismos que governam esse processo constante de mudança em uma comunidade biológica. Infelizmente, destacamos que no Brasil pouquíssimos estudos são realizados sobre a homogeneização biótica, dedicando-se pouca atenção a um tópico de conservação, de grande importância para um país megadiverso como o Brasil.

Finalmente, salienta-se que o presente ensaio não pretende esgotar o tema abordado; muito pelo contrário, espera-se que ele sirva de estímulo e incentivo para novas pesquisas e formas de abordagem inovadoras sobre um tema tão atraente, interessante e ainda pouco explorado no Brasil, em especial para estudantes iniciantes na área de ecologia e conservação.

Contribuição do grupo para o tema

Em 2011, JRSV, F. Skóra e V. Abilhoa concluíram o trabalho "Homogenization of freshwater fish faunas after the elimination of a natural barrier by a dam in Neotropics" no periódico *Diversity and Distributions* (Vitule, et al. 2012), o primeiro artigo na América do Sul em ambientes aquáticos a utilizar métricas para mensurar homogeneização biótica e tratar o assunto de forma explícita, notoriamente o efeito particular de barragens e hidrelétricas. Os autores e seus grupos têm atuado em questões práticas, como palestras e elaboração de livretos educativos, além de emitirem pareceres para diversos periódicos internacionais.

Agradecimentos

Gostaríamos primeiramente agradecer o corpo editorial da revista *Estudos de Biologia* pelo convite para escrever esse ensaio. Gostaríamos também agradecer a todos os colaboradores, colegas e, principalmente, aos alunos do GPIC, do LEC e do LFCO.

Referências

- Attayde, J. L., Okun, N., Brasil, J., Menezes, R. F., & Mesquita, P. (2007). Impactos da introdução da tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, sobre a estrutura trófica dos ecossistemas aquáticos do Bioma Caatinga. *Oecologia Brasiliensis*, 11(3), 450-461.
- Begon, M., Townsend, C., & Harper, J. L. (2006). *Ecology from individuals to ecosystems* (4th ed.). Malden: Blackwell Publishing.
- Cassey, P., Lockwood, J. L., Blackburn, T. M., & Olden, J. D. (2007). Spatial scale and evolutionary history determine the degree of taxonomic homogenization across island bird assemblages. *Diversity and Distributions*, 13, 458-466. doi:10.1111/j.1472-4642.2007.00366.x.
- Clavero, M., & García-Berthou, E. (2006). Homogenization dynamics and introduction routes of invasive freshwater fish in the Iberian Peninsula. *Ecological Applications*, 16(6), 2313-2324.
- Cucherousset, J., & Olden, J. D. (2011). Ecological impacts of non-native freshwater fishes. *Fisheries*, 36(5), 215-230. doi:10.1080/03632415.2011.574578.
- Elton, C. S. (1958). *The ecology of invasions by animals and plants*. London: Methuen.
- Johnson, P. T. J., Olden, J. D., & Zanden, M. J. V. (2008). Dam invaders: Impoundments facilitate biological invasions into freshwaters. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 6(7), 357-363. doi:10.1890/070156.
- Kowalski, E. L., & Kowalski, S. C. (2008). Revisão sobre métodos de controle do mexilhão dourado em tubulações. *Revista Produção On Line*, 8(2).
- Leprieur, F., Olden, J. D., Lek, S., & Brosse, S. (2009). Contrasting patterns and mechanisms of spatial turnover for native and exotic freshwater fish in Europe. *Journal of Biogeography*, 36(10), 1899-1912. doi: 10.1111/j.1365-2699.2009.02107.x.

- MacDonald, K. C. (1992). The domestic chicken (*Gallus gallus*) in sub-Saharan Africa: A background to its introduction and its osteological differentiation from indigenous fowls (*Numidinae* and *Francolinus sp.*) *Journal of Archaeological Science*, 19, 303-318.
- Marchetti, M. P., Lockwood, J. L., & Light, T. (2006). Effects of urbanization on California's fish diversity: Differentiation, homogenization and the influence of spatial scale. *Biological Conservation*, 127, 310-318.
- McKinney, M. L., & Lockwood, J. L. (1999). Biotic homogenization: A few winners replacing many losers in the next mass extinction. *Trends in Ecology and Evolution*, 14(11), 450-453. doi:10.1016/S0169-5347(99)01679-1.
- McKinney, M. L. (2004). Do exotics homogenize or differentiate communities? Roles of sampling and exotic species richness. *Biological Invasions*, 6(4), 495-504. doi:10.1023/B:BINV.0000041562.31023.42.
- O'Dowd, D. J., Greent, P. T., & Lake, P. S. (2003). Invasional 'meltdown' on an oceanic island. *Ecology Letters*, 6, 812-817. doi:10.1046/j.1461-0248.2003.00512.x.
- Olden, J. D., & Poff, N. L. (2003). Toward a mechanistic understanding and prediction of biotic homogenization. *The American Naturalist*, 162(4), 442-460.
- Olden, J. D., & Poff, N. L. (2004a). Clarifying biotic homogenization. *Trends in Ecology & Evolution*, 19(6), 283-284.
- Olden, J. D., & Poff, N. L. (2004b). Ecological processes driving biotic homogenization testing a mechanistic model using fish faunas. *Ecology*, 85(7), 1867-1875.
- Olden, J. D., & Rooney, T. P. (2006). On defining and quantifying biotic homogenization. *Global Ecology and Biogeography*, 15, 113-120. doi:10.1111/j.1466-822x.2006.00214.x.
- Olden, J. D. (2006). Biotic homogenization: A new research agenda for conservation biogeography. *Journal of Biogeography*, 33(12), 2027-2039. doi:10.1111/j.1365-2699.2006.01572.x.
- Olden, J. D., Poff, N. L., Douglas, M. R., Douglas, M. E., & Fausch, K. D. (2004). Ecological and evolutionary consequences of biotic homogenization. *Trends in Ecology & Evolution*, 19(1), 18-24.
- Oliveira, M. D., Pellegrin, L. A., Barreto, R. R., Santos, C. L., & Xavier, I. G. (2004). Documento 64 – Área de ocorrência do mexilhão dourado na bacia do alto Paraguai, entre os anos de 1998 e 2004. *Embrapa – relatório técnico*. Recuperado em 12 Abr. 2012, de ftp://ftp.sp.gov.br/ftppesca/34_1_175-179.pdf.
- Rahel, F. J. (2002). Homogenization of freshwater faunas. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 33, 291-315. doi:10.1146/annurev.ecolsys.33.010802.150429.
- Ricciardi, A., & MacIsaac, H. J. (2008). In Retrospect: The book that began invasion ecology. *Nature*, 452, 34. doi:10.1038/452034a.
- Simberloff, D. (2006). Invasional meltdown 6 years later: Important phenomenon, unfortunate metaphor, or both? *Ecology Letters*, 9(8), 912-919. PMID:16913932.
- Smart, M. S., Thompson, K., Marrs, R. H., Le Duc, M. G., Maskell, L. C., & Firbank, L. G. (2006). Biotic homogenization and change in species diversity cross human-modified ecosystems. *Proceedings of The Royal Society – Biological Sciences*, 273(1601), 2659-2665. doi:10.1098/rspb.2006.3630.
- Vitule, J. R. S., Umbria, S. C., & Aranha, J. M. R. (2006a). Introduction of the African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) into Southern Brazil. *Biological Invasions*, 8(4), 677-681. doi:10.1007/s10530-005-2535-8.
- Vitule, J. R. S., Umbria, S. C., & Aranha, J. M. R. (2006b). Introdução de espécies, com ênfase em peixes de ecossistemas continentais. In E. L. A. Monteiro-Filho & J. M. R. Aranha (Org.). *Revisões em Zoologia - I: Volume comemorativo dos 30 anos do Curso de Pós-Graduação em Zoologia da Universidade Federal do Paraná (UFPR)*. Curitiba, PR: Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Paraná.
- Vitule, J. R. S., Freire, C. A., & Simberloff, D. (2009). Introduction of non-native freshwater fish can certainly be bad. *Fish and Fisheries*, 10(1), 98-108. doi:10.1111/j.1467-2979.2008.00312.x.
- Vitule, J. R. S., Skóra, F., & Abilhoa, V. (2012). Homogenization of freshwater fish faunas after the elimination of a natural barrier by a dam in Neotropics. *Diversity and Distributions*, 18(2), 111-120. doi:10.1111/j.1472-4642.2011.00821.x.