



EM BUSCA DA INTERDISCIPLINARIDADE NO ESTUDO DAS INVASÕES BIOLÓGICAS NO BRASIL

RESUMO

O estudo das invasões biológicas é uma tarefa interdisciplinar que envolve tanto a biologia das espécies e suas interações com o ambiente, quanto as atividades humanas que levaram à sua introdução em um novo local. Entretanto, as dimensões humanas e sociais raramente são consideradas em estudos sobre o tema. Aqui, essa questão é avaliada no âmbito da pesquisa desenvolvida no Brasil através de uma breve revisão sistemática, a fim de entender a situação da pesquisa interdisciplinar no país. Até outubro de 2021 apenas 13 estudos publicados consideraram as dimensões humanas e sociais das invasões biológicas no Brasil, demonstrando que a interdisciplinaridade na ciência de invasões ainda é muito incipiente no país. A maioria dos estudos (46%) investigou a percepção e concepção humana sobre espécies não-nativas. Por fim, um estudo de caso é apresentado para discutir como a pesquisa interdisciplinar pode auxiliar no manejo de conflitos envolvendo espécies não-nativas no Brasil. Para que a ciência de invasões extrapole o foco apenas ecológico e seja contextualizada socialmente é necessária uma mudança de paradigma e uma maior integração entre as diferentes disciplinas envolvidas.

Palavras-chave: ecologia de invasões. espécies exóticas invasoras. multidisciplinaridade. transdisciplinaridade.

Conflitos de Interesses: A autora declara não haver conflito de interesse.

Financiamento: O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Recebido: 28/04/2023 Aprovado: 02/10/2023



INTRODUÇÃO

O conceito de invasões biológicas está intrinsecamente ligado a nós, humanos. O processo de invasão biológica inicia quando uma espécie é transportada da sua área de distribuição natural para um novo local através de atividades humanas, como por exemplo, o transporte de mercadorias e o comércio de animais de estimação. Uma vez que essa espécie chega em um novo ambiente e se adapta a ele, ela pode vir a tornar-se invasora (Blackburn et al., 2011). Ainda assim, muito da pesquisa feita hoje em ciência de invasões¹ ignora o aspecto humano, ou as dimensões humanas, deste problema. A ação humana, direta ou indiretamente, intencional ou não, está presente em toda definição de espécie não-nativa, exótica, alienígena, introduzida ou invasora (Richardson et al., 2011). Quando uma espécie amplia sua distribuição naturalmente, sem o auxílio de humanos, dificilmente ela será classificada em alguma destas definições (Hoffmann & Courchamp, 2016; Nackley et al., 2017). Portanto, o conceito de espécie exótica, só existe à luz das atividades humanas no planeta (Figura 1). Sendo assim, parece óbvio que estudar invasões biológicas seja uma tarefa interdisciplinar², envolvendo tanto a biologia da espécie em questão e suas interações com o novo ambiente, quanto as atividades humanas que a levaram até lá. Porém, essa aparente obviedade não se reflete na pesquisa produzida mundialmente e, particularmente, no Brasil.

BREVE HISTÓRICO DA CIÊNCIA DE INVASÕES COMO CAMPO DE ESTUDO INTERDISCIPLINAR

A publicação do livro “The Ecology of Invasions by Animals and Plants” de Charles Elton em 1958 é considerada o marco do início do estudo das invasões biológicas – apesar do tema de espécies invadindo novos ambientes já ter sido discutido no século XIX em textos de pesquisadores proeminentes como Wallace e Darwin (Richardson & Pyšek, 2008; Simberloff, 2011). Porém, como o próprio título do livro sugere, o foco principal do texto é o aspecto ecológico, e não as facetas sociais da questão. As dimensões humanas das invasões biológicas só começaram a ser explicitadas com a publicação do livro “The Great Reshuffling: Human Dimensions of Invasive Alien Species” pela União Internacional para a Conservação da Natureza – IUCN em 2001 (McNeely, 2001b). McNeely observou que a pesquisa em espécies não-nativas estava majoritariamente focada nas perspectivas biológicas e ecológicas, enquanto o problema é, acima de tudo, um problema humano (McNeely, 2001a). Primeiramente, porque as pessoas são as principais responsáveis por mover espécies de um local para o outro e as espécies introduzidas são mais bem sucedidas ao se estabelecer em locais previamente alterados por atividades humanas. Além disso, muitas espécies são intencionalmente introduzidas por motivos econômicos. Por fim, as dimensões do problema causado pelas espécies invasoras são definidas por pessoas, bem como a resposta a esse problema é planejada e implementada por pessoas (McNeely, 2001a).

Apesar desse importante reconhecimento das dimensões humanas do problema, na prática, a pesquisa em invasões biológicas pouco avançou nos anos seguintes na integração de uma perspectiva social para além da ecológica. Um apelo quanto a necessidade de integrar as ciências sociais e ecológicas na pesquisa de invasões foi feita em uma revisão sob a ótica de pesquisa orientada pelo problema (“problem-orientated research”) (Kueffer; Hirsch; Hadorn, 2008). Os autores concluíram que a transdisciplinaridade precisava ser mais desenvolvida na área, além de integrar a visão de especialistas no assunto com diversos atores da sociedade fora do meio acadêmico (“boundary management”; Kueffer; Hirsch; Hadorn, 2008). De fato, em uma amostra de 500 artigos publicados sobre invasões biológicas no ano de 2008, apenas nove fizeram contribuições transdisciplinares relevantes na área, a despeito de muitos artigos mencionarem os benefícios do “boundary management” (Richardson, 2011).

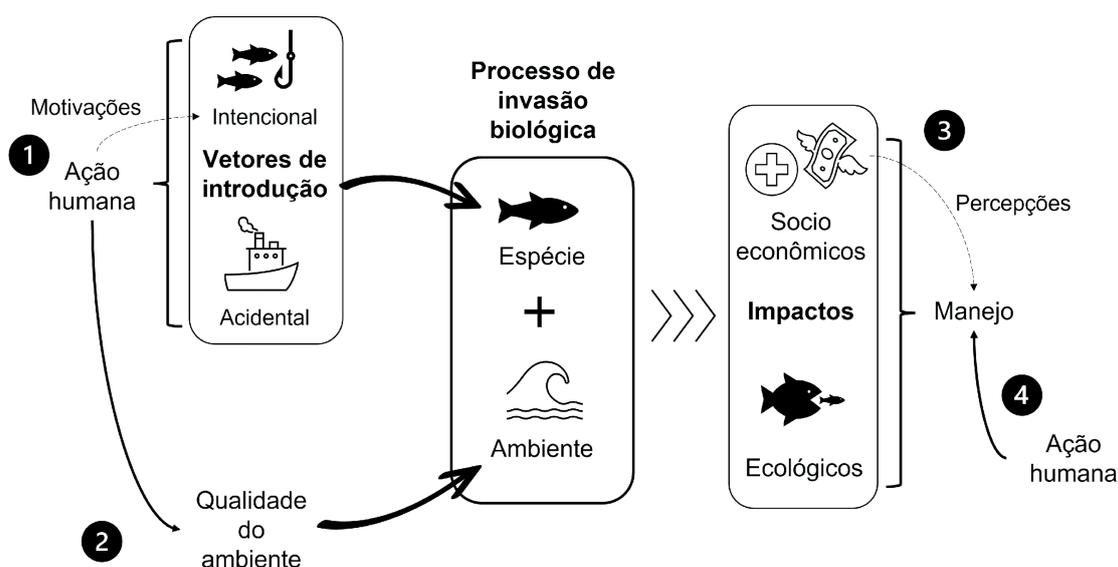
¹Definida por Ricciardi et al. (2021) como a investigação sistematizada das causas e consequências das invasões biológicas.

²O termo interdisciplinar é utilizado para se referir a um objeto de estudo que envolva mais de uma disciplina. Note que existem outros termos como transdisciplinar ou multidisciplinar que podem ter significados diferentes, mas muitas vezes são usados para se referir à mesma coisa. Como a exploração destes conceitos está além do objetivo deste manuscrito, o termo interdisciplinaridade é adotado como termo guarda-chuva, seguindo a abordagem de Vaz et al. (2017). Entretanto, quando citando o trabalho de outros autores o termo específico adotado por eles é utilizado.



Figura 1 - A relação intrínseca entre as ações humanas e o processo de invasão biológica. (1) Os vetores de introdução de uma nova espécie estão diretamente relacionados com ações humanas, podendo ser tanto intencionais (e.g. a introdução de uma espécie para cultivo) quanto acidentais (e.g. introdução através da água de lastro de navios). Quando as introduções são intencionais temos ainda as diversas motivações humanas que levam a essa introdução. (2) Da mesma forma, um ambiente pode estar mais ou menos suscetível à invasão por novas espécies, dependendo do quando ele já foi alterado ou degradado por outras atividades humanas (e.g. poluição, dragagem etc.). (3) Quando a espécie se torna invasora de fato, ela pode vir a causar impactos ecológicos e socioeconômicos. Estes podem afetar diretamente a vida das pessoas (e.g. transmissão de doenças, diminuição da produção pesqueira etc.) e por sua vez, irão determinar as percepções das pessoas em relação a medidas de manejo para o controle ou erradicação da espécie invasora. (4) Por fim, o próprio manejo envolve a ação humana para ser planejado e executado.

Fonte: A autora.



Apesar desse importante reconhecimento das dimensões humanas do problema, na prática, a pesquisa em invasões biológicas pouco avançou nos anos seguintes na integração de uma perspectiva social para além da ecológica. Um apelo quanto a necessidade de integrar as ciências sociais e ecológicas na pesquisa de invasões foi feita em uma revisão sob a ótica de pesquisa orientada pelo problema ("problem-orientated research") (Kueffer; Hirsch; Hadorn, 2008). Os autores concluíram que a transdisciplinaridade precisava ser mais desenvolvida na área, além de integrar a visão de especialistas no assunto com diversos atores da sociedade fora do meio acadêmico ("boundary management"; Kueffer; Hirsch; Hadorn, 2008). De fato, em uma amostra de 500 artigos publicados sobre invasões biológicas no ano de 2008, apenas nove fizeram contribuições transdisciplinares relevantes na área, a despeito de muitos artigos mencionarem os benefícios do "boundary management" (Richardson, 2011).

Em revisões mais recentes, autores destacaram que a grande maioria da pesquisa em ciência de invasões desde os anos 50 até meados de 2000 foi focada estritamente em questões ecológicas, com menos de 5% das publicações sendo consideradas investigações socioecológicas (Estévez et al., 2015; Kapitza et al., 2019; Shackleton, Larson, et al., 2019; Vaz et al., 2017). Sendo assim, percebe-se que a interdisciplinaridade do campo de pesquisa não acompanhou o crescimento do conhecimento na ciência de invasões como um todo, apesar de existir um grande potencial de colaboração para que esse problema tão complexo e multifacetado seja mais eficientemente gerido (Estévez et al., 2015; Vaz et al., 2017).

Pode-se dizer que a interdisciplinaridade no campo das invasões biológicas ganhou mais atenção com a publicação de um volume especial sobre as dimensões humanas e sociais da ciência de invasões ("Human and Social Dimensions of Invasion Science") na revista científica *Journal of Environmental Management* em 2019. Neste volume com 18 artigos, os autores exploram efetivamente como a integração das dimensões humanas e sociais pode



contribuir para a ciência de invasões e o manejo de espécies invasoras sob diferentes perspectivas, entendendo o papel humano em múltiplos contextos: desde a causa das invasões biológicas, até as percepções humanas do problema, seus impactos positivos ou negativos e as respostas a ele (Shackleton, Adriaens, et al., 2019).

OS DESAFIOS DA DEPENDÊNCIA DE CONTEXTO NAS INVASÕES BIOLÓGICAS

Muitos dos conflitos envolvendo o manejo de espécies não-nativas se dão pelas diferentes percepções de diversos atores, além da incerteza dentro deste campo da ciência (Latombe et al., 2019; Woodford et al., 2016). Por exemplo, o controle populacional de um peixe predador não-nativo pode ser defendido por cientistas e pescadores artesanais que dependem da pesca de peixes nativos, ao mesmo tempo em que é condenado por pescadores esportivos e pelo setor turístico da região. Ainda, a mesma espécie pode causar impactos negativos em um local, e não ter nenhum efeito significativo em outro. Sendo assim, uma máxima da ciência de invasões é de que toda espécie não-nativa deve ser considerada culpada até que se prove o contrário, e o princípio da precaução é constantemente usado como argumento (Crooks, 2005; Mack et al., 2000; Ruesink et al., 1995). De fato, um dos maiores desafios na ciência de invasões é encontrar generalizações, já que inúmeros fatores influenciam na invasibilidade de um ambiente (e.g., localização, abundância de recursos, ausência de predadores) e no potencial invasor de uma espécie (e.g., plasticidade, resistência, altas taxas reprodutivas) (Ricciardi et al., 2021). A dependência do contexto torna difícil fazer previsões acuradas de quais espécies não-nativas potencialmente se tornarão invasoras e problemáticas do ponto de vista ecológico ou até mesmo econômico (Heger et al., 2013; Simberloff et al., 2005). Mais desafiador ainda é integrar as dimensões social e ecológica, cada uma com suas variáveis particulares.

Aqui, a interdisciplinaridade na ciência de invasões no Brasil é investigada, empregando-se uma breve revisão sistemática. A hipótese a ser testada é de que a integração das dimensões humanas e sociais nos estudos das invasões biológicas ainda é muito

MATERIAL E MÉTODOS

Para avaliar o estado-da-arte da pesquisa interdisciplinar sobre invasões biológicas no Brasil foi empregada a metodologia de revisão sistemática (Moher et al., 2009). Em outubro de 2021, foi realizada uma busca por artigos indexados na plataforma Scopus. Essa base de artigos foi escolhida por apresentar maior consistência para buscas feitas em diferentes locais (Pozsgai et al., 2021) e por ser menos enviesada para publicações em ciências naturais como a plataforma ISI Web of Science (Kapitza et al., 2019).

Inicialmente, foram utilizados os seguintes termos de busca no campo "Título, resumo e palavras-chave": "biotic invasion*" OR "species invasion*" OR "ecological invasion*" OR "biological invasion*" OR "invasion biology" OR "invasion ecology" OR "invasive species" OR "alien species" OR "introduced species" OR "non-native species" OR "nonnative species" OR "non-indigenous species" OR "nonindigenous species" OR "allochthonous species" OR "exotic species". Essa busca geral com termos relacionados a invasões biológicas retornou mais de 70 mil resultados (Figura 2). Em seguida, foram adicionados termos específicos para capturar artigos que consideraram as dimensões humanas e sociais, ou que empregaram uma abordagem interdisciplinar (interdisciplinar* OR transdisciplinar* OR "social-ecological system*" OR perception* OR stakeholder* OR "human dimension*" OR "social dimension*"). Adicionando estes termos os resultados reduziram para pouco mais de mil artigos (Figura 2). Finalmente, o termo Brazil* foi adicionado para filtrar estudos que tenham sido feitos no país ou que tiveram o Brasil como objeto de estudo. Essa busca final rendeu 40 resultados (Figura 2).

A primeira triagem dos artigos foi realizada através da leitura dos títulos e resumos dos 40 artigos resultantes da

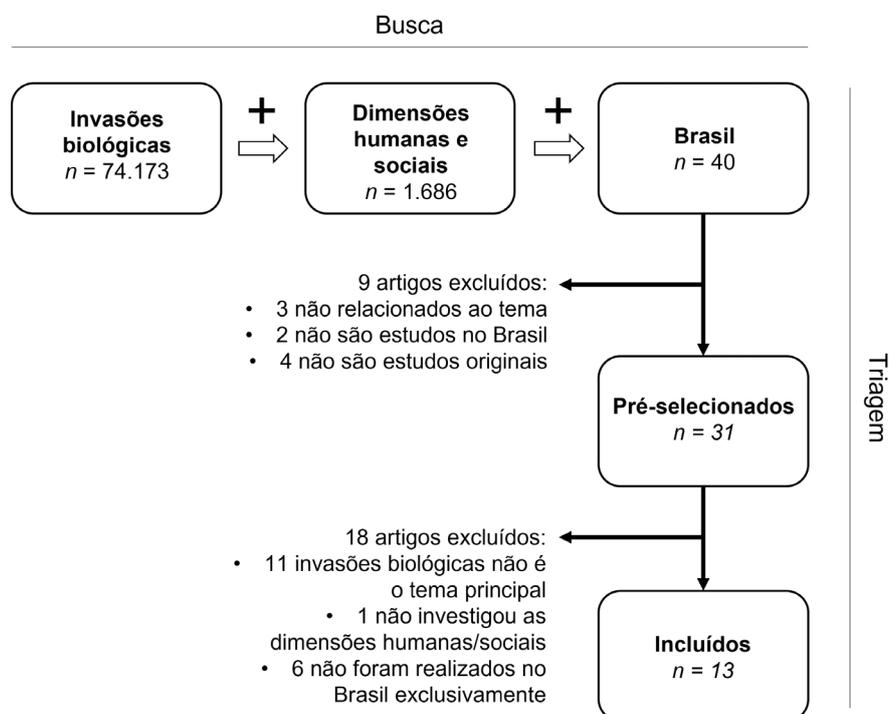


busca final, e assim nove artigos foram descartados por não se relacionarem diretamente com o tema de interesse, por não serem brasileiros (mas citarem o Brasil no texto eventualmente) ou por não serem artigos científicos originais (dois capítulos de livro, um projeto e um documento classificado como material didático) (Figura 2). Sendo assim, restaram apenas 31 artigos para a segunda triagem, que consistiu na leitura integral do texto buscando responder à três perguntas:

1. As invasões biológicas são o tema principal investigado pelo estudo?
2. É um estudo interdisciplinar ou que reconhece as dimensões humanas e/ou sociais das invasões biológicas?
3. O estudo foi feito no Brasil ou possui exclusivamente o território brasileiro como objeto de estudo?

Figura 2. Resultados das buscas de literatura realizadas na plataforma Scopus, em outubro de 2021, adicionando sequencialmente (da esquerda para direita) novos termos relacionados a invasões biológicas, dimensões humanas e sociais, e Brasil; e os resultados do processo de triagem (do topo para baixo). Para a lista completa de termos utilizados e dos critérios para seleção dos artigos veja a seção “Busca e triagem dos estudos”.

Fonte: A autora



Em 11 dos 31 artigos selecionados na primeira triagem as invasões biológicas não eram o principal tema investigado. As palavras-chave sobre invasões apareceram no resumo apenas como parte dos resultados obtidos, por exemplo, em estudos que investigaram o conhecimento da população sobre a flora e fauna de uma região, em que as espécies não-nativas são citadas pelos entrevistados. Em um dos artigos as dimensões humanas e/ou sociais das invasões não foram estudadas, e as palavras-chave correspondentes aparecem apenas no resumo como uma das conclusões do estudo (“Stakeholders should be warned of the potential ecological and socio-economic impacts that may arise from a lionfish invasion”). Finalmente, seis estudos não foram exclusivamente realizados no Brasil ou não tinham especificamente uma localidade brasileira como objeto de estudo. Destes, um artigo fez uma análise em escala global, outro em escala continental e o restante estudou outros países além do Brasil. Sendo assim, apenas 13 artigos foram mantidos após a segunda triagem (Figura 2, Tabela 1).



Os artigos selecionados foram analisados em relação ao ano de publicação, revista em que foram publicados, local onde o estudo foi realizado, grupo taxonômico ou espécies de interesse, métodos utilizados, e tópico de estudo segundo as categorias definidas por Shackleton et al. (2019). Foram coletados ainda dados sobre a afiliação dos autores, como um indicador do background teórico dos pesquisadores.

Tabela 1. Estudos brasileiros interdisciplinares ou considerando as dimensões humanas e sociais das invasões biológicas, incluídos na revisão sistemática. A classificação do tópico de estudo segue as categorias definidas por Shackleton et al. (2019).

Referência	Local do estudo	Grupo taxonômico/ espécie(s)	Métodos	Tópico do estudo
Azevedo-Santos et al. (2015)	Brasil	Peixes	Revisão	Resposta das pessoas às invasões
Barbosa et al. (2018)	Brasil	Moluscos/mexilhão-dourado (<i>Limnoperna fortunei</i>)	Simulação	Pessoas como a causa de invasões
Carpinelli et al. (2020)	Angra dos Reis (RJ)	Corais/ <i>Erythropodium caribaeorum</i>	Taxonomia	Pessoas como a causa de invasões
Creed et al. (2017)	Costa brasileira	Corais/coral-sol (<i>Tubastraea coccinea</i> e <i>T. tagusensis</i>)	Vários	Resposta das pessoas às invasões
Lima et al. (2010)	Lagos do Rio Doce (MG)	Peixes	Questionários	Concepções e percepções humanas das invasões
Machado et al. (2021)	SP	Mamíferos/javali (<i>Sus scrofa</i>)	Questionários	Efeitos das invasões nas pessoas
Melo et al. (2021 a)	GO	Vários	Questionários	Concepções e percepções humanas das invasões
Melo et al. (2021 b)	GO	Vários	Questionários	Concepções e percepções humanas das invasões
Moro & Castro (2015)	Fortaleza (CE)	Plantas	Levantamento	Pessoas como a causa de invasões
Pereira et al. (2019)	Parque Nacional de Itatiaia (MG)	Mamíferos/javali (<i>Sus scrofa</i>)	Questionários	Concepções e percepções humanas das invasões
dos Santos et al. (2019)	Alto Rio Paraná (PR)	Peixes/raias (<i>Potamotrygon amandae</i> e <i>P. falkneri</i>)	Questionários	Concepções e percepções humanas das invasões
Sordi (2020)	Pampas (RS)	Mamíferos/javali (<i>Sus scrofa</i>)	Revisão	Concepções e percepções humanas das invasões
Vitule et al. (2014)	Brasil	Peixes/dourado (<i>Salminus brasiliensis</i>)	Revisão	Pessoas como a causa de invasões



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a etapa de busca de artigos foi possível perceber uma grande discrepância entre a quantidade de resultados obtidos pela busca mais abrangente (contendo apenas termos relacionados a invasões biológicas) em relação a quantidade obtida pela busca mais específica (combinando termos de invasões e dimensões humanas ou sociais), havendo uma redução de 98% na quantidade de artigos resultantes (de 74.173 para 1.686 resultados). Dentro desse subconjunto, estudos com foco no Brasil representaram apenas 2% (40 de 1.686 artigos).

Dentre os 13 artigos selecionados para esta revisão, o primeiro foi publicado apenas em 2010. Isso demonstra como a interdisciplinaridade do tema vem sendo abordada apenas recentemente, considerando-se que a principal referência sobre invasões biológicas foi publicada ainda nos anos 50 (i.e., Elton, 1958). O ano com o maior número de publicações é 2021, ainda que a busca só tenha considerado estudos indexados no Scopus até outubro deste mesmo ano. Este pode ser um indicativo de que a produção de pesquisa interdisciplinar está crescendo no país e nos próximos anos talvez seja observado um aumento no número de publicações.

Entretanto, esse aparente aumento na quantidade de pesquisa com um foco interdisciplinar não se reflete na heterogeneidade do background dos autores. Destaca-se que a grande maioria possui afiliação em departamentos e instituições voltados para as ciências naturais como Ecologia, Biologia, Medicina Veterinária, Patologia, Ciências Florestais e Agrárias, entre outros. É interessante notar que apenas um autor é vinculado a uma instituição de pesquisa ou departamento em ciências sociais ou humanas (e.g., Sordi, 2020). Esse padrão de dominância das ciências naturais também é observado nas revistas em que os artigos foram publicados. Cada um dos artigos foi publicado em uma revista diferente, mas a maioria delas (54%) tem como foco as ciências naturais, seguido por revistas que podem ser classificadas como multidisciplinares por terem em seu escopo pesquisa na interface das ciências naturais e sociais/humanas (31%). Apenas três revistas do conjunto são direcionadas especificamente para invasões biológicas (BiolInvasions Records, Biological Invasions e Management of Biological Invasions).

Em relação ao tópico estudado, classificado de acordo com as categorias definidas por Shackleton et al. (2019), grande parte dos estudos (46%) investigou a percepção e concepção humana sobre espécies não-nativas, utilizando questionários semiestruturados ou entrevistas. O segundo tópico mais abordado foram as pessoas como causa de invasões (31%), com destaque para uma simulação do futuro risco de invasão pelo mexilhão-dourado (*Limnoperna fortunei*), onde os autores empregaram dados de densidade de população humana como uma das variáveis para prever onde a espécie poderá invadir no futuro (Barbosa et al., 2018). Os estudos que investigaram a resposta das pessoas às invasões (i.e., resolução de conflitos, colaboração, governança, conhecimento sobre o assunto etc.) totalizaram 15% e apenas um estudo (8%) teve como tópico o efeito das invasões biológicas nas pessoas, investigando a prevalência de um parasito (*Toxoplasma gondii*) de importância para a saúde pública nas populações de javali que são alvo de caça (Machado et al., 2021).

É evidente que esta breve revisão possui limitações e o viés inerente dos termos de busca aplicados e da base de artigos consultada, mas ainda assim serve como uma amostra da situação atual da pesquisa interdisciplinar neste campo de estudo. A partir desta análise podemos notar que a interdisciplinaridade na ciência de invasões ainda está dando os seus primeiros passos no Brasil, seguindo a tendência mundial (Kapitza et al., 2019). Como bem discutido por outros autores, o foco da ciência de invasões foi construído historicamente como um fenômeno ecológico e por anos interessou apenas ecólogos, portanto, a realização de estudos com foco interdisciplinar e entendendo as invasões biológicas num contexto socioecológico ainda é um desafio. Para que esse desafio seja superado, grupos de pesquisa com colaboradores de diferentes backgrounds teóricos são necessários, repensando as invasões biológicas e as perguntas feitas sobre o assunto desde as suas bases fundamentais. Além disso, a pesquisa deve ultrapassar os muros da academia e buscar a interação direta com diferentes atores relacionados às espécies não-nativas, tirando o conceito de “boundary management” do papel e entendendo as demandas



da sociedade.

Estudo de caso para pesquisa interdisciplinar

Como a pesquisa em invasões biológicas no Brasil pode se beneficiar ao começar a considerar as dimensões humanas e sociais do problema? Para imaginar esse cenário, apresenta-se um estudo de caso para ilustrar como a interdisciplinaridade é o caminho para que essa questão seja compreendida de uma perspectiva mais ampla. O caso em questão é o da introdução da tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) no Brasil. A tilápia foi introduzida no Nordeste brasileiro na década de 70 para a produção em aquicultura (Gurgel; Fernando, 1994). Como ocorre com muitas espécies não-nativas, esta foi uma introdução intencional motivada por questões econômicas, apesar de o Brasil ser um dos países mais diversos em termos de espécies de peixe de água doce no mundo (Reis et al., 2016).

A grande questão é que povo brasileiro se adaptou muito bem a este novo produto. De fato, a tilápia já está a tanto tempo introduzida no Brasil que muitas pessoas nem sabem se tratar de uma espécie não-nativa. Por conta disso, já houve até a tentativa de naturalizá-la por decreto, para burlar atos normativos que impedem o cultivo de espécies exóticas invasoras em certos locais (Pelicice et al., 2014). É desta forma então que surge o conflito. De um lado estão os cientistas naturais, mais notadamente os ecólogos e conservacionistas, que percebem a tilápia como uma ameaça à biodiversidade nativa (Charvet et al., 2021; Latini et al., 2021). Do outro, o governo constantemente incentivando o seu cultivo, o lobby das associações de aquicultores e dos grandes fornecedores de insumos para a cadeia produtiva, e claro, a população em geral que é consumidora de tilápia e, em sua maioria, desconhece os impactos que uma espécie exótica de peixe pode causar. Ignorar as dimensões humanas e sociais neste caso – isto é, as vantagens comerciais da produção da tilápia e todas as suas consequências – impede com que o problema seja resolvido de maneira eficiente.

De fato, em ciência de invasões existem muitos exemplos de espécies “geradoras” de conflito – aquelas que causam um impacto significativo, mas ao mesmo tempo geram benefícios, principalmente econômicos (Zengeya et al., 2017). No caso da tilápia, existem muitos estudos ecológicos demonstrando seu impacto ambiental (Occhi et al., 2021) porém, ela continua sendo a espécie mais produzida pela aquicultura brasileira. Portanto, para mitigar os impactos ecológicos negativos é necessário entender o contexto mais amplo: quais as percepções e motivações das pessoas sobre essa espécie, como a tilápia afeta positivamente ou não a vida delas, entre outros (Tassin; Kull, 2015; Woodford et al., 2016). Também é preciso identificar os stakeholders envolvidos, para que todas as perspectivas sejam contempladas. Somente após entender a questão de maneira holística poderão ser traçadas estratégias mais eficientes para o controle da sua invasão em ambiente natural e para evitar novas introduções (Shackleton, Larson, et al., 2019).

Além disso, o problema das invasões biológicas ainda não está no imaginário popular tanto quanto o das mudanças climáticas, por exemplo. Essa falta de conhecimento cria uma barreira de diálogo entre os diferentes stakeholders. Muitas vezes, cientistas tentam impor sua própria perspectiva sem levar em consideração a do outro. Mais do que não resolver o problema, isso pode levar ao negacionismo e à criação de “verdades alternativas” por aqueles que não são ouvidos, na tentativa de deslegitimar o conhecimento científico (Ricciardi; Ryan, 2018). No caso da tilápia, não é raro encontrar artigos defendendo seu cultivo indiscriminado e ignorando completamente as evidências científicas de seus impactos ecológicos (e.g. Zimmermann et al., 2023).



CONCLUSÃO

Já é reconhecido que a ciência de invasões é interdisciplinar e deve compreender o todo, incluindo não só os aspectos ecológicos, mas também os sociais e humanos. Entretanto, como podemos observar na pesquisa feita no Brasil, essa interdisciplinaridade ainda não foi alcançada. Poucos são os casos em que os pesquisadores aceitam o desafio de incluir as dimensões humanas e sociais nas suas pesquisas sobre invasões biológicas.

Para que a ciência de invasões no Brasil vá para além da pesquisa básica, e se torne de fato aplicada, é necessária uma mudança de paradigma e uma maior cooperação entre as diferentes disciplinas. É importante também que o campo das ciências sociais reconheça as invasões biológicas como um objeto de estudo legítimo, para que a colaboração entre cientistas de diferentes áreas se torne algo mais comum. Só assim poderemos enfim olhar adiante e avançar nesse campo de conhecimento, de forma a engajar e comunicar com a sociedade de maneira mais eficaz.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao professor Ramon Felipe Bicudo da Silva cuja disciplina ministrada pelo programa de doutorado em Ambiente e Sociedade do Instituto de Filosofia e Ciências Humanas (IFCH) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) em que participei como aluna externa, motivou a escrita deste manuscrito. Obrigada pelas aulas e pela atenção dedicada a este trabalho com suas sugestões.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO-SANTOS, V. M.; PELICICE, F. M.; LIMA-JÚNIOR, D. P.; MAGALHÃES, A. L. B.; ORSI, M. L.; VITULE, J. R. S.; AGOSTINHO, A. A. How to avoid fish introductions in Brazil: Education and information as alternatives. *Natureza & Conservação*, v. 13, p. 123–132, 2015.

BARBOSA, N. P. U.; FERREIRA, J. A.; NASCIMENTO, C. A. R.; SILVA, F. A.; CARVALHO, V. A.; XAVIER, E. R. S.; RAMON, L.; ALMEIDA, A. C.; CARVALHO, M. D.; CARDOSO, A. V. Prediction of future risk of invasion by *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Mollusca, Bivalvia, Mytilidae) in Brazil with cellular automata. *Ecological Indicators*, v. 92, p. 30–39, 2018.

BLACKBURN, T. M.; PYSEK, P.; BACHER, S.; CARLTON, J. T.; DUNCAN, R. P.; JAROSIK, V.; WILSON, J. R. U.; RICHARDSON, D. M. A proposed unified framework for biological invasions. *Trends in Ecology and Evolution*, v. 26, n. 7, p. 333–339, 2011.

CARPINELLI, Á. N.; CORDEIRO, R. T. S.; NEVES, L. M.; MOURA, R. L.; KITAHARA, M. V. (2020). *Erythropodium caribaeorum* (Duchassaing and Michelotti, 1860) (Cnidaria: Alcyonacea), an additional alien coral in the Southwestern Atlantic. *Zootaxa*, v. 4822, n. 2, p. 175–190, 2020.

CHARVET, P.; OCCHI, T. V. T.; FARIA, L.; CARVALHO, B.; PEDROSO, C. R.; CARNEIRO, L.; FREITAS, M.; PETREIRE-JUNIOR, M.; VITULE, J. R. S. Tilapia farming threatens Brazil's waters. *Science*, v. 371, n. 6527, 2021.

CREED, J. C.; JUNQUEIRA, A. de O. R.; FLEURY, B. G.; MANTELATTO, M. C.; OIGMAN-PSZCZOL, S. S. The Sun-Coral project: The first social-environmental initiative to manage the biological invasion of *Tubastraea* spp. *Management of Biological Invasions*, v. 8, n. 2, p. 181–195, 2017.

CROOKS, J. A. Lag times and exotic species: The ecology and management of biological invasions in slow-motion. *Ecoscience*, v. 12, n. 3, p. 316–329, 2005.



ELTON, C. S. The Ecology of Invasions by Animals and Plants. Em The Ecology of Invasions by Animals and Plants. Methuen, 1958.

ESTÉVEZ, R. A.; ANDERSON, C. B.; PIZZARO, J. C.; BURGMAN, M. A. Clarifying values, risk perceptions, and attitudes to resolve or avoid social conflicts in invasive species management. *Conservation Biology*, v. 29, n. 1, p. 19–30, 2015.

GURGEL, J. J. S.; FERNANDO, C. H. Fisheries in semi-arid northeast Brazil with special reference to the role of tilapias. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie*, v. 79, n. 11 p. 77–94, 1994.

Heger, T., Pahl, A. T., Botta-Dukát, Z., Gherardi, F., Hoppe, C., Hoste, I., Jax, K., Lindström, L., Boets, P., Haider, S., Kollmann, J., Wittmann, M. J., & Jeschke, J. Conceptual frameworks and methods for advancing invasion ecology. *Ambio*, v. 42, n. 5, p. 527–540, 2013.

HOFFMANN, B. D.; COURCHAMP, F. Biological invasions and natural colonisations: Are they that different? *NeoBiota*, v. 29, p. 1–14, 2016.

KAPITZA, K.; ZIMMERMANN, H.; MARTÍN-LÓPEZ, B.; WEHRDEN, H. Research on the social perception of invasive species: A systematic literature review. *NeoBiota*, v. 43, p. 47–68, 2019.

KUEFFER, C.; HADORN, G. H. How to achieve effectiveness in problem-oriented landscape research: the example of research on biotic invasions. *Living Reviews in Landscape Research*, v. 2, n. 2, 2008. Disponível em: <<http://www.env.ethz.ch/people/all/02720/kuefferc/http://www.env.ethz.ch/environmentalphilosophy/people/hirsch>>.

LATINI, A. O.; MORMUL, R. P.; GIACOMINI, H. C.; DI DARIO, F.; VITULE, J. R. S.; REIS, R. E.; TONELLA, L.; POLAZ, C. N. M.; LUCIFORA, L. O.; LIMA, L. B.; TEIXEIRA-DE-MELLO, F.; LIMA-JÚNIOR, D. P.; MAGALHÃES, A. L. B.; CHARVET, P.; JIMENEZ-SEGURA, L. F.; AZEVEDO-SANTOS, V. M.; CARVALHO, F. R.; D'ANATRO, A.; MALABARBA, L. R.; VIDAL, N. Brazil's new fish farming Decree threatens freshwater conservation in South America. *Biological Conservation*, v. 263, 2021.

LATOMBE, G.; CANAVAN, S.; HIRSCH, H.; HUI, C.; KUMSCHICK, S.; NSIKANI, M. M.; POTGIETER, L. J.; ROBINSON, T. B.; SAUL, W. C.; TURNER, S. C.; WILSON, J. R. U.; YANNELI, F. A.; RICHARDSON, D. M. A four-component classification of uncertainties in biological invasions: Implications for management. *Ecosphere*, v. 10, n. 4, 2019.

LIMA, F. P.; LATINI, A. O.; JÚNIOR, P. M. How are the lakes? Environmental perception by fishermen and alien fish dispersal in Brazilian tropical lakes. *Interciencia*, v. 35, n. 2, p. 84–91, 2010.

MACHADO, D. M. R.; BARROS, L. D.; NINO, B.S. L.; POLLO, A. S.; SILVA, A. C. S.; PERLES, L.; ANDRÉ, M. R.; MACHADO, R. Z.; GARCIA, J. L.; HOPPE, E. G. L. *Toxoplasma gondii* infection in wild boars (*Sus scrofa*) from the State of São Paulo, Brazil: Serology, molecular characterization, and hunter's perception on toxoplasmosis. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports*, v. 23, 2021.

MACK, R. N.; SIMBERLOFF, D.; LONSDALE, W.; EVANS, H.; CLOUT, M.; BAZZAZ, F. A. Biotic invasions: Causes, epidemiology, global consequences, and control. *Ecological Applications*, v. 10, n. 3, p. 689-710, 2000.

MCNEELY, J. A (org). An introduction to human dimensions of invasive alien species. *The Great Reshuffling: Human Dimensions of Invasive Alien Species*, IUCN, p. 5–20, 2001a.



MCNEELY, J. A. The Great Reshuffling: Human Dimensions of Invasive Alien Species, IUCN, 2001b.

MELO, E. P. C.; SIMIÃO-FERREIRA, J.; MELO, H. P. C.; GODOY, B. S.; DAUD, R. D.; BASTOS, R. P.; SILVA, D. P. Biological invasions in Brazilian environmental science courses: Do we need new approaches?. *Neotropical Biology and Conservation*, v. 16, n. 1, p. 221-238, 2021.

MELO, E. P. C.; SIMIÃO-FERREIRA, J.; MELO, H. P. C.; GODOY, B. S.; DAUD, R. D.; BASTOS, R. P.; SILVA, D. P. Exotic species are perceived more than native ones in a megadiverse country as Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 93, n. 2, 2021.

MOHER, D.; LIBERATI, A.; TETZLAFF, J.; ALTMAN, D. G. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: the PRISMA statement. *PLoS Medicine*, v. 8, n. 9, p. 873–880, 2009.

MORO, M. F.; CASTRO A. S. F. A check list of plant species in the urban forestry of Fortaleza, Brazil: where are the native species in the country of megadiversity?. *Urban Ecosystems*, v. 18, n. 1, p. 47–71, 2015.

NACKLEY, L. L.; WEST, A. G.; SKOWNO, A. L.; BOND, W. J. The Nebulous Ecology of Native Invasions. *Trends In Ecology & Evolution*, [S.l.], v. 32, n. 11, p. 814-824, nov. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tree.2017.08.003>. Disponível em: [https://www.cell.com/trends/ecology-evolution/fulltext/S0169-5347\(17\)30192-1?returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS0169534717301921%3Fshowall%3Dtrue](https://www.cell.com/trends/ecology-evolution/fulltext/S0169-5347(17)30192-1?returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS0169534717301921%3Fshowall%3Dtrue). Acesso em: 13 dez. 2023.

CHARVET, P.; OCCHI, T. V. T.; FARIA, L.; CARVALHO, B.; PEDROSO, C. R.; CARNEIRO, L.; FREITAS, M.; PETRE-RE-JUNIOR, M.; VITULE, J. R. S. Tilapia farming threatens Brazil's waters. *Science*, [S.l.], v. 371, n. 6527, p. 356-356, 22 jan. 2021. American Association for the Advancement of Science (AAAS). <http://dx.doi.org/10.1126/science.abg1346>. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.abg1346>. Acesso em: 13 dez. 2023.

PELICICE, F. M.; VITULE, J. R. S.; LIMA JUNIOR, D. P.; ORSI, M. L.; AGOSTINHO, A. A. A Serious New Threat to Brazilian Freshwater Ecosystems: the naturalization of nonnative fish by decree. *Conservation Letters*, [S.l.], v. 7, n. 1, p. 55-60, 3 maio 2013. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/conl.12029>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/conl.12029>. Acesso em: 13 dez. 2023.

PEREIRA, C. Z.; ROSA, C.; ZANZINI, A. C. S. Perception of presence, impact and control of the invasive species *Sus scrofa* in the local community living near the Itatiaia National Park, Brazil. *Ethnobiology And Conservation*, [S.l.], v. 8, 12 jun. 2019. Universidade Estadual da Paraíba/Universidade Federal Rural de Pernambuco (Ethnobiology and Conservation). <http://dx.doi.org/10.15451/ec2019-06-8.06-1-11>. Disponível em: <https://ethnobiococonservation.com/index.php/ebc/article/view/291/218>. Acesso em: 13 dez. 2023.

POZSGAI, G.; LÖVEI, G. L.; VASSEUR, L.; GURR, G.; BATÁRY, P.; KORPONAI, J.; LITTLEWOOD, N. A.; LIU, J.; MÓRA, A.; OBRYCKI, J. Irreproducibility in searches of scientific literature: a comparative analysis. *Ecology And Evolution*, [S.l.], v. 11, n. 21, p. 14658-14668, 14 out. 2021. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/ece3.8154>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ece3.8154>. Acesso em: 13 dez. 2023.

REIS, R. E.; ALBERT, J. S.; DARIO, F. di; MINCARONE, M. M.; PETRY, P.; ROCHA, L. A. Fish biodiversity and conservation in South America. *Journal Of Fish Biology*, [S.l.], v. 89, n. 1, p. 12-47, 17 jun. 2016. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/jfb.13016>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jfb.13016>. Acesso em: 13 dez. 2023.

RICCIARDI, A.; RYAN, R. The exponential growth of invasive species denialism. *Biological Invasions*, [S.l.], v. 20, AMBICIÊNCIAS, Minas Gerais v. 2, n. 2, p. 27-39, jul./dez. 2023



n. 3, p. 549-553, 12 set. 2017. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10530-017-1561-7>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10530-017-1561-7#citeas>. Acesso em: 13 dez. 2023.

RICCIARDI, A.; IACARELLA, J. C.; ALDRIDGE, D. C.; BLACKBURN, T. M.; CARLTON, J. T.; CATFORD, J. A.; DICK, J. T. A.; HULME, P. E.; JESCHKE, J. M.; LIEBHOLD, A. M. Four priority areas to advance invasion science in the face of rapid environmental change. *Environmental Reviews*, [S.l.], v. 29, n. 2, p. 119-141, jun. 2021. Canadian Science Publishing. <http://dx.doi.org/10.1139/er-2020-0088>. Disponível em: <https://cdnsiencepub.com/doi/10.1139/er-2020-0088>. Acesso em: 13 dez. 2023.

RICHARDSON, D. M. Invasion Science: the roads travelled and the roads ahead. *Fifty Years Of Invasion Ecology*, [S.l.], p. 396-407, 30 nov. 2010. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/9781444329988.ch29>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9781444329988.ch29>. Acesso em: 13 dez. 2023.

RICHARDSON, D. M.; PYŁEK, P. Fifty years of invasion ecology – the legacy of Charles Elton. *Diversity And Distributions*, [S.l.], v. 14, n. 2, p. 161-168, 5 fev. 2008. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1472-4642.2007.00464.x>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1472-4642.2007.00464.x>. Acesso em: 13 dez. 2023.

RICHARDSON, D. M.; PYŁEK, P.; CARLTON, J. T. A Compendium of Essential Concepts and Terminology in Invasion Ecology. *Fifty Years Of Invasion Ecology*, [S.l.], p. 409-420, 30 nov. 2010. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/9781444329988.ch30>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9781444329988.ch30>. Acesso em: 13 dez. 2023.

RUESINK, J. L.; PARKER, I. M.; GROOM, M. J.; KAREIVA, P. M. Reducing the Risks of Nonindigenous Species Introductions. *Bioscience*, [S.l.], v. 45, n. 7, p. 465-477, jul. 1995. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.2307/1312790>. Disponível em: <https://academic.oup.com/bioscience/article-abstract/45/7/465/267456?redirectedFrom=PDF>. Acesso em: 13 dez. 2023.

SANTOS, D. A.; AFFONSO, I. P.; MESSAGE, H. J.; OKADA, E. K.; GOMES, L. C.; BORNATOWSKI, H.; VITULE, J. R. S.. Societal perception, impacts and judgment values about invasive freshwater stingrays. *Biological Invasions*, [S.l.], v. 21, n. 12, p. 3593-3606, 10 ago. 2019. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10530-019-02071-0>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10530-019-02071-0>. Acesso em: 13 dez. 2023.

SHACKLETON, R. T.; ADRIAENS, T.; BRUNDU, G.; DEHNEN-SCHMUTZ, K.; ESTÉVEZ, R. A.; FRIED, J.; LARSON, B. M.H.; LIU, S.; MARCHANTE, E.; MARCHANTE, H. Stakeholder engagement in the study and management of invasive alien species. *Journal Of Environmental Management*, [S.l.], v. 229, p. 88-101, jan. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.04.044>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301479718304262?via%3Dihub>. Acesso em: 13 dez. 2023.

SHACKLETON, R. T.; LARSON, B. M.H.; NOVOA, A.; RICHARDSON, D. M.; KULL, C. A. The human and social dimensions of invasion science and management. *Journal Of Environmental Management*, [S.l.], v. 229, p. 1-9, jan. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.08.041>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301479718309125?via%3Dihub>. Acesso em: 13 dez. 2023.

RICHARDSON, D. M.; PYŁEK, P. Fifty years of invasion ecology – the legacy of Charles Elton. *Diversity And Distributions*, [S.l.], v. 14, n. 2, p. 161-168, 5 fev. 2008. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1472-4642.2007.00464.x>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1472-4642.2007.00464.x>. Acesso em: 13 dez. 2023.



SIMBERLOFF, D.; PARKER, I. M.; WINDLE, P. N. Introduced species policy, management, and future research needs. *Frontiers In Ecology And The Environment*, [S.l.], v. 3, n. 1, p. 12-20, fev. 2005. Wiley. [http://dx.doi.org/10.1890/1540-9295\(2005\)003\[0012:ispmaf\]2.0.co;2](http://dx.doi.org/10.1890/1540-9295(2005)003[0012:ispmaf]2.0.co;2). Disponível em: <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1890/1540-9295%282005%29003%5B0012%3AISPMAF%5D2.0.CO%3B2>. Acesso em: 13 dez. 2023.

SORDI, C. Bicho bandido: wild boars, biological invasions and landscape transformations on the Brazilian uruguay border (pampas region). *Social Anthropology*, [S.l.], v. 28, n. 3, p. 614-628, ago. 2020. Berghahn Books. <http://dx.doi.org/10.1111/1469-8676.12785>. Disponível em: <https://www.berghahnjournals.com/view/journals/saas/28/3/soca12785.xml>. Acesso em: 13 dez. 2023.

TASSIN, J.; KULL, C. A. Facing the broader dimensions of biological invasions. *Land Use Policy*, [S.l.], v. 42, p. 165-169, jan. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2014.07.014>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264837714001616?via%3Dihub>. Acesso em: 13 dez. 2023.

VAZ, A. S.; KUEFFER, C.; KULL, C. A.; RICHARDSON, D. M.; SCHINDLER, S.; MUÑOZ-PAJARES, A. J. VICENTE, J. R.; MARTINS, J.; HUI, C.; KÜHN, I. The progress of interdisciplinarity in invasion science. *Ambio*, [S.l.], v. 46, n. 4, p. 428-442, 1 fev. 2017. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s13280-017-0897-7>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13280-017-0897-7>. Acesso em: 13 dez. 2023.

VITULE, J.; BORNATOWSKI, H.; FREIRE, C.; ABILHOA, V. Extralimital introductions of *Salminus brasiliensis* (Cuvier, 1816) (Teleostei, Characidae) for sport fishing purposes: a growing challenge for the conservation of biodiversity in neotropical aquatic ecosystems. *Bioinvasions Records*, [S.l.], v. 3, n. 4, p. 291-296, nov. 2014. Regional Euro-Asian Biological Invasions Centre Oy (REABIC). <http://dx.doi.org/10.3391/bir.2014.3.4.11>. Disponível em: https://www.reabic.net/journals/bir/2014/4/BIR_2014_Vitule_et_al.pdf. Acesso em: 13 dez. 2023.

WOODFORD, D. J.; RICHARDSON, D. M.; MACISAAC, H. J.; MANDRAK, N. E.; VAN WILGEN, B. W.; WILSON, J. R. U.; WEYL, O. L. F. Confronting the wicked problem of managing biological invasions. *Neobiota*, [S.l.], v. 31, p. 63-86, 14 set. 2016. Pensoft Publishers. <http://dx.doi.org/10.3897/neobiota.31.10038>. Disponível em: <https://neobiota.pensoft.net/articles.php?id=10038>. Acesso em: 13 dez. 2023.

ZENGEYA, T.; IVEY, P.; WOODFORD, D. J.; WEYL, O.; NOVOA, A.; SHACKLETON, R.; RICHARDSON, D.; VAN WILGEN, B. Managing conflict-generating invasive species in South Africa: challenges and trade-offs. *Bothalia*, [S.l.], v. 47, n. 2, p. 1-11, 31 mar. 2017. South African National Biodiversity Institute. <http://dx.doi.org/10.4102/abc.v47i2.2160>. Disponível em: https://www.scielo.org.za/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-82412017000200020. Acesso em: 13 dez. 2023.

ZIMMERMANN, S., et al. Invasoras, Casuais ou Naturalizadas? Buscando uma classificação científica para as tilápias. 2023. Disponível em: <https://panoramadaaquicultura.com.br/invasoras-casuais-ou-naturalizadas-buscando-uma-classificacao-cientifica-para-as-tilapias/>. Acesso em: 13 dez. 2023.